

John Simmons

John  
Simmons

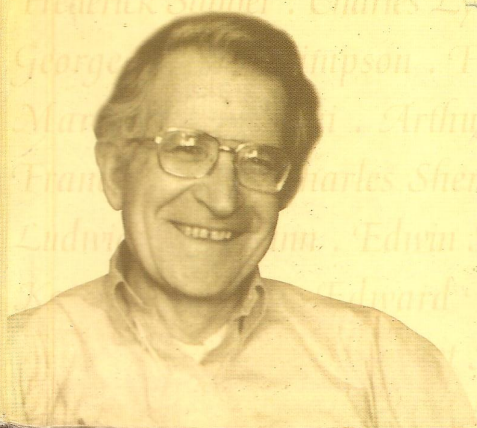
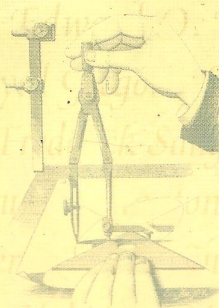
Os  
100

MAIORES  
CIENTISTAS DA  
HISTÓRIA



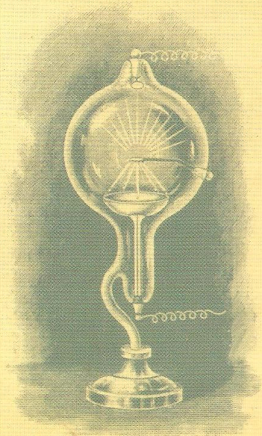
Os 100

MAIORES  
CIENTISTAS DA  
HISTÓRIA



DIFEL





**O**s 100 Maiores Cientistas da História é, além de um livro singular, obra de referência para o leitor comum que terá o prazer de folheá-la.

Tão informativo e provocador quanto os demais títulos da **COLEÇÃO 100**, o livro tende a gerar discussão e debate, independentemente de ser uma importante ferramenta para a compreensão do mundo científico de nosso tempo e para tornar a ciência acessível a um grande público.

### **COLEÇÃO 100**

#### **AS 100 MAIORES PERSONALIDADES DA HISTÓRIA**

*Uma Classificação das Pessoas que mais Influenciaram a História.*

#### **OS 100 LIVROS QUE MAIS INFLUENCIARAM A HUMANIDADE**

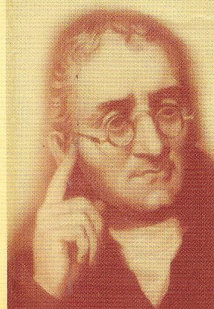
*A História do Pensamento dos Tempos Antigos à Atualidade.*

ISBN 85-7432-027-7



9 788574 320274

  
DIFEL



John  
Simmons

**Os  
100**

MAIORES  
CIENTISTAS DA  
HISTÓRIA





**Q**uem são os maiores cientistas e por quê? O livro **Os 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA** responde tais perguntas, de Arquimedes a Newton, a Einstein e a Hawking. O autor relata a vida e os feitos das personalidades mais influentes no mundo na área da ciência por meio de sumários biográficos que retratam o contexto histórico e científico em que estão inseridos. Levando em consideração a tradição da **COLEÇÃO 100**, John Simmons apresenta os cientistas de acordo com a influência que cada um exerceu para a humanidade.

Selecionadas com a ajuda e as informações de proeminentes cientistas e historiadores científicos, essas figuras representam a maior fonte possível de empenhos e realizações. Constituída de físicos, astrônomos, médicos, químicos, biólogos, psicólogos e antropólogos, a lista inclui aqueles que descobriram as leis de movimento, os princípios da química, a estrutura do átomo, o formato do universo, a evolução da vida, bem como as aflições do corpo e da mente.

Eis uma amostra das personalidades científicas por ordem de classificação:

1. **ISAAC NEWTON**, por estabelecer as leis de movimento e gravidade;
2. **ALBERT EINSTEIN**, pela elaboração das teorias da relatividade;

3. **NIELS BOHR**, por descobrir o funcionamento do átomo;

4. **CHARLES DARWIN**, pela teoria da evolução;

5. **LOUIS PASTEUR**, pela origem da teoria da doença;

6. **SIGMUND FREUD**, pela teoria de motivação inconsciente... e assim por diante até chegar em

100. **ARQUIMEDES**, o venerável grego com quem todos os cientistas modernos têm uma dívida de gratidão.



© Jim Randall

*Há mais de quinze anos o nome de*  
**JOHN SIMMONS**

*está associado ao trabalho de referência da revista Current Biography, para a qual escreve freqüentemente sobre aqueles coroados com o Nobel em ciência. Ele foi o escritor e editor do projeto educacional para a série da PBS em 1988, chamado The Mind, além de ser autor de quatro romances. É membro da New York Academy of Sciences e bacharel pelas Universidades de Northwestern e Long Island University, dividindo seu tempo entre Nova York e Paris.*



John Simmons

OS  
**100**  
maiores  
cientistas  
DA HISTÓRIA

**Uma Classificação dos Cientistas  
mais Influentes do Passado e do Presente**

*Tradução*

Antonio Canavarro Pereira

  
DIFEL



Copyright © 1969 by John Simmons

Título original: *The Scientific 100: a ranking of the most influential scientists, past and present*

Capa: Luciana Mello e Monika Mayer

Editoração eletrônica: Imagem Virtual

2002

Impresso no Brasil

*Printed in Brazil*

CIP-Brasil. Catalogação-na-fonte  
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ.

S611c	Simmons, John C., 1949- Os 100 maiores cientistas da história: uma classificação dos cientistas mais influentes do passado e do presente / John Simmons; tradução de Antonio Canavarro Pereira. — Rio de Janeiro: DIFEL, 2002. 584p. (Coleção 100)
	Tradução de: The scientific 100: a ranking of the most influential scientists, past and present Inclui bibliografia ISBN 85-7432-027-7
	1. Cientistas — Avaliação. 2. Cientistas — Biografia — Cronologia. 3. Ciência — História. I. Título. II. Série.
02-1224	CDD — 925 CDU — 92:5

Todos os direitos reservados pela:

EDITORA BERTRAND BRASIL LTDA.

Rua Argentina, 171 — 1º andar — São Cristóvão

20291-380 — Rio de Janeiro — RJ

Tel.: (0xx21) 2585-2070 Fax: (0xx21) 2585-2087

Não é permitida a reprodução total ou parcial desta obra, por quaisquer meios, sem a prévia autorização por escrito da Editora.

*Atendemos pelo Reembolso Postal.*



*Para Clayton & Jocelyne*



## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	13
INTRODUÇÃO .....	15
1. Isaac Newton & a Revolução Newtoniana .....	23
2. Albert Einstein & a Ciência do Século XX .....	29
3. Niels Bohr & o Átomo .....	37
4. Charles Darwin & a Evolução .....	43
5. Louis Pasteur & a Teoria da Doença Causada pelos Germens .....	50
6. Sigmund Freud & a Psicologia do Inconsciente....	57
7. Galileo Galilei & a Nova Ciência .....	66
8. Antoine Laurent Lavoisier & a Revolução na Química .....	71
9. Johannes Kepler & o Movimento dos Planetas ....	77
10. Nicolau Copérnico & o Universo Heliocêntrico ...	83
11. Michael Faraday & a Teoria Clássica do Campo Eletromagnético .....	87
12. James Clerk Maxwell & o Campo Eletromagnético .....	93
13. Claude Bernard & a Criação da Fisiologia Moderna .....	98
14. Franz Boas & a Antropologia Moderna .....	103
15. Werner Heisenberg & a Teoria Quântica .....	109
16. Linus Pauling & a Química do Século XX .....	114
17. Rudolf Virchow & a Doutrina da Célula. ....	121

---



18. Erwin Schrödinger & a Mecânica das Ondas . . . .	127
19. Ernest Rutherford & a Estrutura do Átomo . . . . .	133
20. Paul Dirac & a Eletrodinâmica Quântica . . . . .	139
21. Andreas Vesalius & a Nova Anatomia . . . . .	145
22. Tycho Brahe & a Nova Astronomia . . . . .	151
23. Comte de Buffon & <i>l'Histoire Naturelle</i> . . . . .	156
24. Ludwig Boltzmann & a Termodinâmica . . . . .	160
25. Max Planck & os Quanta . . . . .	165
26. Marie Curie & a Radioatividade . . . . .	169
27. William Herschel & a Descoberta do Firmamento . . . . .	175
28. Charles Lyell & a Geologia Moderna . . . . .	180
29. Pierre Simon de Laplace & a Mecânica Newtoniana . . . . .	184
30. Edwin Hubble & o Telescópio Moderno . . . . .	189
31. Joseph J. Thomson & a Descoberta do Elétron . . .	195
32. Max Born & a Mecânica Quântica . . . . .	200
33. Francis Crick & a Biologia Molecular . . . . .	205
34. Enrico Fermi & a Física Atômica . . . . .	210
35. Leonhard Euler & a Matemática do Século XVIII . . . . .	216
36. Justus Liebig & a Química do Século XIX . . . . .	220
37. Arthur Eddington & a Astronomia Moderna . . . .	225
38. William Harvey & a Circulação do Sangue . . . .	230
39. Marcello Malpighi & a Anatomia Microscópica . .	234
40. Christiaan Huygens & a Teoria de Onda da Luz . .	238
41. Carl Gauss & o Gênio Matemático . . . . .	242
42. Albrecht von Haller & a Medicina do Século XVIII . . . . .	247
43. August Kekulé & a Estrutura Química . . . . .	253
44. Robert Koch & a Bacteriologia . . . . .	259
45. Murray Gell-Mann & o Caminho de Oito Camadas . . . . .	264

46. Emil Fischer & a Química Orgânica .....	269
47. Dmitri Mendeleev & a Tabela Periódica dos Elementos. ....	274
48. Sheldon Glashow & a Descoberta do <i>Charm</i> ....	279
49. James Watson & a Estrutura do DNA.....	285
50. John Bardeen & a Supercondutividade.....	291
51. John von Neumann & o Computador Moderno..	296
52. Richard Feynman & a Eletrodinâmica Quântica ..	303
53. Alfred Wegener & o Afastamento Continental ...	309
54. Stephen Hawking & a Cosmologia Quântica ....	314
55. Anton van Leeuwenhoek & o Microscópio Simples. ....	319
56. Max von Laue & a Cristalografia pelo Raio X ...	324
57. Gustav Kirchhoff & a Espectroscopia .....	328
58. Hans Bethe & a Energia do Sol. ....	334
59. Euclides & os Fundamentos da Matemática .....	340
60. Gregor Mendel & as Leis da Hereditariedade....	343
61. Heike Kamerlingh Onnes & a Supercondutividade .....	348
62. Thomas Hunt Morgan & a Teoria Cromossômica da Hereditariedade .....	353
63. Hermann von Helmholtz & o Crescimento da Ciência Alemã .....	358
64. Paul Ehrlich & a Quimioterapia .....	364
65. Ernst Mayr & a Teoria da Evolução .....	369
66. Charles Sherrington & a Neurofisiologia .....	374
67. Theodosius Dobzhansky & a Síntese Moderna ...	379
68. Max Delbrück & a Bacteriofagia .....	386
69. Jean Baptiste Lamarck & os Fundamentos da Biologia .....	392
70. William Bayliss & a Fisiologia Moderna .....	396
71. Noam Chomsky & a Linguística do Século XX ..	401
72. Frederick Sanger & o Código Genético .....	407



73. Lucrécio & o Pensamento Científico. ....	413
74. John Dalton & a Teoria do Átomo .....	417
75. Louis Victor de Broglie & a Dualidade das Ondas/Partículas .....	422
76. Carl Linnaeus & a Nomenclatura Binomial .....	427
77. Jean Piaget & o Desenvolvimento da Criança....	432
78. George Gaylord Simpson & a Marcha da Evolução .....	437
79. Claude Lévi-Strauss & a Antropologia Estrutural .	443
80. Lynn Margulis & a Teoria da Simbiose .....	449
81. Karl Landsteiner & os Grupos Sangüíneos .....	455
82. Konrad Lorenz & a Etologia. ....	460
83. Edward O. Wilson & a Sociobiologia .....	466
84. Edward O. Wilson & as Vitaminas .....	473
85. Gertrude Belle Elion & a Farmacologia .....	478
86. Hans Selye & o Conceito de Estresse .....	484
87. J. Robert Oppenheimer & a Era Atômica .....	490
88. Edward Teller & a Bomba .....	496
89. Willard Libby & a Marcação Radioativa da Idade .....	503
90. Ernst Haeckel & o Princípio da Biogenética .....	508
91. Jonas Salk & a Vacinação .....	513
92. Emil Kraepelin & a Psiquiatria no Século XX....	519
93. Trofim Lysenko & a Genética Soviética .....	524
94. Francis Galton & a Eugenia .....	530
95. Alfred Binet & o Teste do Quociente de Inteligência (Q. I.) .....	536
96. Alfred Kinsey & a Sexualidade Humana .....	542
97. Alexander Fleming & a Penicilina. ....	548
98. B. F. Skinner & o Behaviorismo .....	553
99. Wilhelm Wundt & a Criação da Psicologia .....	558
100. Arquimedes & o Início da Ciência .....	563

OMISSÕES IMPERDOÁVEIS, MENÇÕES HONROSAS E PARTICIPAÇÕES .....	568
AGRADECIMENTOS PELAS IMAGENS E SEUS CRÉDITOS .....	571
BIBLIOGRAFIA.....	572



## AGRADECIMENTOS

É um privilégio poder agradecer aos indivíduos cujos conhecimentos tiveram um papel tão importante no preparo da lista de cientistas cujos perfis estão incluídos neste livro. Na Academia de Ciências de Nova York, Irwin Gitelman, Marguerite F. Levy, Louis Muschel, Margaret A. Reilly, David G. Black e Sylvia Slote, todos reviram a lista que crescia e fizeram sugestões de alto valor. Também desejo agradecer ao encarregado de desenvolvimento da Academia, Craig Purinton, sempre presente com a sua cortesia e ajuda. Devo fazer um agradecimento especial a Adnan Waly, o físico experimental, que forneceu conselhos e uma visão valiosa, baseada na sua própria sabedoria e amizade pessoal com os personagens principais da física no século 20.

Sempre que possível, ofereci aos cientistas contemporâneos uma oportunidade de corrigir erros específicos nos seus perfis respectivos. Por sua ajuda tão simpática, devo agradecimentos a Hans Bethe, Noam Chomsky, Francis Crick, Gertrude Belle Elion, Claude Lévi-Strauss, Lynn Margulis, Ernst Mayr, Frederick Sanger, Edward Teller e Edward O. Wilson. Capítulos individuais foram verificados por David Cassidy, Gale Christianson, Bruce Chandler, Jeff Kohlberg, Sue Massey, Alan Rocke, K. C. Wali e Deborah Weir. Uma leitura sensível de todo o manuscrito, feita por Donald J. Davidson, foi de um valor incalculável. Estou grato a todos e, naturalmente, quaisquer erros que ainda restarem serão devidos somente à minha pessoa.

Durante o trabalho inicial neste projeto, fui inspirado pela leitura do livro *History of Modern Science: A Guide to the Second Scientific Revolution* de Stephen G. Brush, bem como por seu artigo básico, *Should the History of Science Be Rated X?*. O Professor Brush graciosamente revisou a lista destinada a este volume e deu importantes sugestões.

---

Minha gratidão também é devida a Keith Benson, da Sociedade da História da Ciência na Universidade de Washington. Stephen S. Hall, veterano escritor sobre assuntos científicos, fez recomendações de valor e agradeço também a Ian Boal e Lawrence Creshkoff.

Pela pesquisa de fotografias, minha gratidão a Jocelyne Barque e a Inge King. Por sua paciência e habilidade no encaminhamento do manuscrito na produção, agradeço a Arline M. Cooke. Estendo meus agradecimentos e apreciação também para Fred Korndorf e para meus colegas da Sala de Escritores.

Por mais de quinze anos, na *Current Biography* tive o prazer de trabalhar com Judith Graham, bem como com o seu predecessor Charles Moritz, e aproveito a oportunidade para agradecer-lhes por me terem apresentado a um grande número de pessoas interessantes e, entre elas, vários cientistas.

Finalmente, não podia ter encontrado em toda a indústria das publicações um editor melhor do que James Ellison.



## INTRODUÇÃO

Neste volume encontram-se descritos os perfis dos personagens da ciência que influenciaram na construção do mundo contemporâneo de maneira penetrante e duradoura. Eles formularam as leis do movimento, descobriram como funciona a eletricidade e esclareceram a estrutura do átomo. Já outros dividiram produtos químicos em seus elementos e os encontraram na composição do Sol, da Lua, das estrelas e também na Terra, lá nas suas profundezas. Outros ainda, investigando os fósseis de plantas e de animais, idealizaram a teoria da evolução. Outros mais, com a ajuda de pequenas ervilhas verdes, de moscas de frutas de olhos brancos e dos raios X, descobriram a teoria da hereditariedade, que teve uma base celular e, depois, molecular. E a esta base foi juntada a evolução e, agora, depois de alguns séculos de investigações no microcosmo, alguns mostraram que animais constituídos de uma só célula são descendentes das bactérias e que ambos são ancestrais dos seres humanos. E, não sem menor importância, há os que perceberam no falar humano uma dimensão escondida de motivações inconscientes e de estrutura cognitiva — esclarecendo a natureza do desenvolvimento emocional, da linguagem e dos elementos básicos das culturas em todo o mundo.

Estas são somente *algumas* de suas realizações. E, com exceção de algumas poucas premissas intelectuais que remontam aos gregos e aos babilônios, tudo isso foi realizado em algumas centenas de anos.

Ciência é a teoria fundamentada na experimentação e, em OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA, os perfis foram escolhidos por sua preferência ou por uma ou por outra. O químico August Kekulé odiava trabalhar na bancada do laboratório, mas, uma noite, cochilando num ônibus de Londres, teve um sonho, do qual se derivou toda a química orgânica. Ao criar a primeira pilha atômica,

---

Enrico Fermi sentiu prazer em se envolver com o trabalho, enquanto seu amigo Leo Szilard detestava ser incomodado e preferia ficar sentado, discutindo assuntos profundos sobre a teoria nuclear. A Stephen Hawking desgostava olhar as estrelas no telescópio, mas se tornou o cosmólogo mais influente da sua geração. Entretanto, virtualmente, todos concordariam com Richard Feynman — um grande teórico que podia consertar tudo, desde uma máquina de lavar roupa até um acelerador de partículas — que *o único teste que valida qualquer idéia é a experimentação*. A força deste conceito deu às ciências físicas uma aura importante no mundo atual e que pode ser percebida pela maneira com que as teorias são formuladas e avaliadas, mesmo na antropologia e na psicologia. E seu impacto está presente no decorrer de todo este livro.

Os cientistas escolhidos para este volume se distinguiram pela descoberta de novos conceitos sobre a natureza, mas não pela manipulação desses conceitos para outras finalidades. Esta diferença comum deixa à margem em OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA os grandes inventores e engenheiros. Thomas Edison, o tremendamente produtivo inventor da luz elétrica, não se encontra aqui porque suas realizações não contribuíram para a ciência básica. A única descoberta científica que lhe é atribuída — o efeito Edison, de 1883 — podia ser demonstrada, mas não explicada por ele. O mesmo se pode dizer de personagens como Nicola Tesla, o inovador da energia elétrica, e de Robert Fulton, que projetou e construiu os primeiros navios movidos a vapor. E apesar de terem tido grande influência no dia-a-dia do mundo moderno devem ser classificados em um outro grupo a merecer um livro específico.

As biografias curtas são uma maneira atraente de permitir aos que não são cientistas a possibilidade de compreenderem como a ciência se desenvolveu, porque possuem mensagens de fácil entendimento. As pessoas nascem e se educam, desenvolvendo certos relacionamentos pessoais, bem como interesses, crenças e idéias. Isto é verdadeiro para todos os que estão incluídos nos OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA, e a grande diferença entre eles e os demais é a importância das suas idéias.

Ernest Rutherford bombardeou uma folha metálica com raios alfa e, quando algumas das partículas ricochetearam, foi como “se



houvessem atirado uma bala de canhão de quinze polegadas num papel de seda e a bala tivesse voltado e batido em você”. Parte da mensagem estava contida nas partículas atômicas, e a outra, a crucial, em tudo que Rutherford já sabia sobre elas. Quando juntou as duas, o resultado se transformou numa profunda descoberta científica, levando a um novo entendimento do átomo.

Muitas das grandes descobertas da ciência vieram deste casamento da experimentação ou da observação, com a trama sintética do conceito e da experiência. Assim, as descobertas podem ser entendidas mais facilmente ao se conhecer um pouco sobre as pessoas envolvidas, sobre o que tiveram de agüentar e sobre o contexto social do seu trabalho.

O título de um artigo famoso sobre ciência e sobre a prosopografia — o estudo coletivo das biografias — tem um nome bem adequado: *Quem Foram os Sujeitos*. Apesar de existirem mulheres entre OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA, grande parte é constituída de homens brancos e de descendência européia. Além disso, talvez até surpreendentemente, os cientistas aqui descritos não vieram de níveis sociais inferiores. Com algumas exceções — Michael Faraday, a mais conhecida —, nenhum deles nasceu num ambiente de pobreza. Na verdade, vieram de origens abastadas ou de lares de bom nível, em que a busca de valores intelectuais era altamente apreciada. A maioria, em OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA, era prezada e encorajada por seus pais e, ainda criança, teve inúmeros passatempos, como colecionar insetos, observar pássaros, aprender álgebra ou cálculo e construir. Alguns deles, como Paul Dirac, vieram de ambientes familiares extremamente dolorosos, o que deixou sua marca. Depois da morte de seu pai, Dirac escreveu: “Agora me sinto muito mais livre.” Mas ele foi uma exceção, como também o foi Isaac Newton. Se o gênio é, de qualquer modo, de origem genética, OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA indica que a melhor maneira de impedir o desenvolvimento pessoal é por meio da pobreza permanente ou por intermédio de pais inconstantes e rancorosos.

Na formulação da lista de cientistas a serem incluídos neste livro, uma das considerações principais foi a de dar ao leitor um sentimento da amplitude global e da diversidade das descobertas científicas,

o que é indicado pelos primeiros seis personagens: Newton, Einstein, Bohr, Darwin, Pasteur e Freud. Apesar de as ciências físicas terem precedência, fiz um esforço para incluir o impacto da ciência na humanidade, na cultura e no corpo humano. Como observa Gerald Holton, a propósito do trabalho de pessoas como Franz Boas no combate ao racismo: “A tendência é esquecer que nem todas as ‘aplicações desejáveis da ciência’ se parecem com aparelhos de videocassete ou com pílulas.”

A ordenação dos cientistas de acordo com a sua influência geral permite a este livro ficar comparável aos outros da coleção Os 100 MAIORES, mas uma explicação mais profunda se torna necessária. A classificação de cientistas é uma tarefa que começou, pelo menos, no século 19, quando o psicólogo americano James McKeen Cattell mediu a extensão dos verbetes dedicados aos grandes cientistas em várias enciclopédias. Em Os 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA inexistiu a pretensão de uma medida objetiva. A ordenação final é somente de minha responsabilidade e tentei tomar as decisões alicerçado, tanto quanto possível, na avaliação individual atual dos cientistas. Certas vezes, justifico ou explico brevemente o *status* relativo de um personagem; na maioria das vezes, deixo essa tarefa para uma autoridade no assunto. Os cientistas foram escolhidos por suas realizações positivas e pelo significado do que fizeram. Deve ser notado que são classificados do mesmo modo. A posição na lista não reflete a mínima desvalorização de qualquer cientista pelo seu ponto de vista ter sido, finalmente, errôneo.

Apesar de a ordem final “ter um alto grau de arbitrariedade”, como me escreveu um eminente cientista, essa limitação é também bem óbvia. Parece-me, claramente, sem finalidade a discussão do significado relativo entre NIELS BOHR[3] e CHARLES DARWIN[4] e parece-me ainda mais próprio dizer que a influência de dois cientistas do século 19, GUSTAV KIRCHHOFF[57] e HERMANN VON HELMHOLTZ[63], seria do mesmo calibre do que discutir se um era melhor do que o outro. O que pretende a lista é geral e simples: a ordem, essencialmente irreversível. Talvez ARQUIMEDES[100] pudesse ser o nº 1, mas nunca o mesmo poderia ser dito para WILHELM WUNDT[99], ao se tornar o nº 2, ou para NIELS BOHR[3], ao se

tornar o 97. A lista isenta-se da intenção de rigidez, sendo até mais flexível no meio do que no início ou no fim.

Finalmente, a lista é “influenciada” pela história. Os cientistas cujas descobertas são recentes — dos últimos cinquenta anos mais ou menos — têm maior probabilidade de estar no final do livro. Este, portanto, é o caso daqueles em que sua influência positiva deva ser tomada com cautela ou esteja diminuindo. O russo TROFIM LYSENKO[93], por seu valor, conseguiu ser incluído no conhecido *Dictionary of Scientific Biography* como um dos personagens modernos mais controvertidos. ALEXANDER FLEMING[97] também foi incluído, apesar de a glória a ele atribuída ter sido desproporcional à sua habilidade científica ou à sua verdadeira realização.

Na obra de referência biográfica *Prominent Scientists*, existem dez mil nomes. Num trabalho como este, com a restrição imposta por um limite de somente cem nomes, muitos dos grandes cientistas foram excluídos. Isso fica mais difícil para personagens contemporâneos, em que o problema é mais acentuado devido à natureza colaborativa de muitas das pesquisas feitas. Murray Gell-Mann e Sheldon Glashow tiveram seu lugar, mas a restrição numérica tornou impossível incluir certos perfis, como, por exemplo, o de Steve Weinberg.

Um certo número de cientistas encontra-se no capítulo *Omissões Imperdoáveis, Menções Honrosas e Outras Participações*, que se encontra no final do livro.

Com exceções, a maioria dos que estão nesta obra foi coberta de honrarias antes de sua morte. Desta, 31 receberam o Prêmio Nobel uma vez e três outros o receberam duas vezes. O número de laureados teria sido muito maior se os mortos pudessem voltar à vida e ser mandados para Estocolmo. Como já sabido, aos grandes cientistas são desnecessárias as comendas. Elogios do tipo “Foi uma ação audaciosa” e “Foi uma das descobertas mais dramáticas e maravilhosas da história da humanidade” foram mantidos a um mínimo relativo. Ao mesmo tempo, envidei todos os esforços para colocar suas descobertas num contexto histórico, social e científico de modo a permitir uma visão bem clara de suas realizações.

Finalmente, OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA apresenta uma história unificada. Os personagens aqui incluídos repre-



sentam, de maneira firme, a unidade essencial e o desenvolvimento das ciências físicas, bem como as áreas da ciência em expansão, na investigação da linguagem, da psicologia e da cultura humana. “Mais cedo ou mais tarde”, escreveu George Sarton, com esperança, há muito tempo, “a ciência irá conquistar outros campos e apontar fachos de luz para todos os lugares escuros, onde a superstição e a ignorância ainda dominam”. No final do século 20, poder-se-ia dizer, “se pudesse ser realmente assim”, mas, ainda resta o fato de que quase todos os cem, dos quais os perfis aqui se encontram, representam postos avançados ainda habitáveis, adequados precisamente para essa tarefa.

OS  
**100**  
maiores  
cientistas  
DA HISTÓRIA

---



## Isaac Newton

### & a Revolução Newtoniana

(1642 – 1727)

Isaac Newton é o personagem mais influente da ciência ocidental. Considerado durante sua vida como um grande herói intelectual, a adulação ainda continua nos dias de hoje no seio da comunidade científica sem que tenha diminuído no decorrer de 300 anos. A razão é clara: quando Newton despontou, o mundo físico era muito pouco compreendido, enquanto que, na época de sua morte, devido à sua obra, já se sabia ser ele governado por leis que tinham precisão matemática. Newton não iniciou a revolução científica, já bem encaminhada quando ele nasceu; sua realização foi realmente a de dar forma e fornecer os instrumentos intelectuais básicos da física moderna. A Newton se devem as três leis básicas do movimento



pelas quais todos os fenômenos físicos na Terra, e também nos céus, tornaram-se previsíveis, ordenados e, em princípio, passíveis de serem definidos e manipulados pela tecnologia. Somente no século XX, quando os cientistas começaram a se envolver com a menor das magnitudes — a natureza do átomo —, é que a validade das leis de Newton começou a ser questionada.

Isaac Newton veio ao mundo no dia 25 de dezembro de 1642, numa pequena vila em Lincolnshire, na Inglaterra.<sup>1</sup> Seu pai, um trabalhador braçal, morreu antes de seu nascimento, e sua mãe o deixou aos cuidados de uma avó quando tinha cerca de três anos, para se casar e viver em separado com Barnabas Smith, seu segundo marido, um pregador e padraсто a quem Newton detestava. Não é de surpreender, portanto, que com essa infância o Newton adulto mostrasse tendências para a paranóia e para a raiva violenta. Mais importante, entretanto, era sua capacidade de suportar algumas das agressões que sofria. No catálogo de seus pecados, elaborado durante a juventude, Newton incluiu: “ameaçar incendiar meu pai e minha mãe Smith juntamente com a casa deles. Deve ser lembrado que Newton fez seus primeiros cálculos importantes — que levaram à criação da teoria do cálculo — nas páginas vazias do diário de seu falecido padraсто.

Newton em criança mostrava grande curiosidade e habilidade mecânica e evidentemente não estava em seu destino tornar-se fazendeiro. Em 1661 matriculou-se no Trinity College em Cambridge. O currículo da Universidade era nitidamente tendente à filosofia aristoteliana, mas em dois anos Newton já havia perdido seu apetite pela *Ética Nicomaquiана*. Por sua própria iniciativa começou a ler e a anotar os trabalhos de Francis Bacon, de René Descartes e de outros expoentes científicos, adquirindo paixão por matemática e por fenômenos celestes. *Amicus Plato amicus Aristoteles magis amica veritas*, escreveu em seu caderno de notas. “Platão e Aristóteles são meus amigos, mas meu melhor amigo é a verdade.”

Em 1664, Newton foi selecionado para ser bolsista em Trinity,

---

<sup>1</sup> Esta é a data do nascimento de Newton de acordo com o calendário gregoriano, iniciado na Europa em 1582 por decreto papal, comumente utilizado nos dias de hoje. Mas, na Inglaterra, a data de nascimento de Newton foi registrada pelo velho calendário juliano como sendo 6 de janeiro de 1643.

uma posição que o levaria a um trabalho liberal, depois de colar grau como bacharel em artes, no ano seguinte, mas a Grande Peste se colocou em seu caminho. A Universidade fechou as portas em 1665 e Newton voltou a morar com sua mãe, nessa época já viúva. Lá ficou por dois anos, durante os quais, como ele mesmo descreveu mais tarde, “estava na melhor idade para inventar & me interessei pela matemática & pela filosofia mais do que em qualquer outra época”. Na verdade, partindo da geometria de Descartes, Newton inventou um cálculo elementar — o campo da matemática que fornece as ferramentas para calcular a velocidade de uma mudança. O “método dos fluxos” desenvolvido por Newton tornou-se indispensável para a resolução de problemas — levantados novamente depois de centenas de anos — e causados pela erosão da física aristoteliana. Durante esse período inicial, Newton também concebeu, pelo menos de forma parcial, a lei universal da gravitação e investigou a natureza da luz através de experiências com prismas. Mas, apesar de fazer anotações referentes a seus trabalhos com grande cuidado — e de forma quase compulsiva —, deixou suas descobertas inéditas por alguns anos. O fundador da ciência moderna revisava seus dados constantemente, porém por razões obscuras, mas certamente emocionais, quedou-se em silêncio durante muito tempo.

Quando retornou a Trinity em 1667, Newton foi eleito membro da Universidade de Cambridge. Em 1669, ocupou a posição de Professor Lucasiano de Matemática, que antes era de seu mentor, Isaac Barrow — o primeiro a reconhecer seu gênio. Logo depois, construiu o primeiro telescópio refletivo, o que causou grande sensação, provocando sua eleição para a Real Sociedade em 1672. Entretanto, quando publicou o ensaio *Uma nova teoria sobre a luz e as cores* pela Real Sociedade, foi atacado por Robert Hooke, então uma eminência. Desgostoso, Newton se recolheu para continuar as pesquisas em isolamento intelectual.

Em 1684, Newton recebeu a importante visita de Edmond Halley, que discutiu com ele os problemas, à época muito atuais, do movimento dos planetas. Hooke, por exemplo, havia proposto que o movimento planetário podia ser explicado pela lei do quadrado do inverso, mas não sabia explicar por quê. A resposta — que os

planetas se movem em órbitas elípticas — havia sido efetivamente descoberta por Newton anos antes por meio de seus cálculos. Ele voltou-se então para essas questões e publicou seu *De Motus Corporum*, nesse mesmo ano, e, no correr dos anos seguintes, terminou um texto mais fundamentado e retumbante, a *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Nesta obra, lastreada num grande número de observações, Newton formulou as três Leis do Movimento e a Lei Universal da Gravidade:

1. Um corpo em movimento se move em velocidade constante, a menos que sobre ele atue alguma força; um corpo em repouso assim permanece, a menos que sobre ele atue alguma força. Esta é a Lei da Inércia.

2. A aceleração de um objeto é diretamente proporcional à força que atua sobre ele e inversamente proporcional à sua massa. Essa lei pode ser expressa pela equação:  $F = ma$ , isto é, a Força é equivalente à massa multiplicada pela aceleração.

3. A toda ação corresponde uma reação igual e em sentido contrário.

A Lei da Gravidade proposta por Newton diz que *a força gravitacional entre dois corpos é proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles*.

O *Principia*, publicado por Edmond Halley em 1687, foi um grande triunfo que marcou o ápice da carreira de Newton como cientista e provocou, também, uma revolução científica.

Apesar de Newton atingir grande proeminência com o *Principia* e tornar-se o símbolo vivo da nova ciência, a fase seguinte de sua carreira foi repleta de contradições. Teve uma passagem curta e sem brilho no Parlamento, depois da Revolução Inglesa, a partir de 1689. Em 1696, foi nomeado guardião da Casa da Moeda Real e, três anos mais tarde, tornou-se o mestre da Casa da Moeda, um posto que o capacitava a processar falsários — o que fez com grande perseverança. Foi eleito presidente da Real Sociedade em 1703, cargo que manteve até sua morte, em 31 de março de 1727. Com a morte de seu rival Robert Hooke em 1704, Newton publicou o trabalho *Opticks*. Sua autoridade era tanta, naquela época, que a teoria da luz foi dominante por todo o século seguinte, apesar de



certas incorreções. Foi o primeiro cientista a tornar-se nobre, distinguido com o título de *Sir* pela rainha Anne, em 1705.

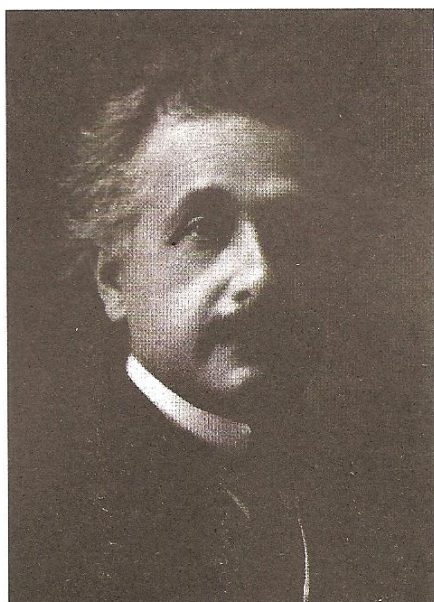
Ao morrer, Newton deixou um valioso acervo de trabalhos inéditos, que somavam mais de 1 milhão de palavras sobre o estudo esotérico e místico da alquimia. Desenvolvera pesquisas profundas durante vários anos, por meio de experiências pelas quais, esperava, por exemplo, transformar metais comuns no “mercúrio dos filósofos”. Suas pesquisas na alquimia, embora sem o racionalismo cuidadoso que dedicou à física, vêm perturbando os estudiosos há muito tempo. John Maynard Keynes, que comprou e estudou seus documentos sobre alquimia, acabou chamando-o de “mágico” e não de cientista — o que é uma colocação interessante, vinda de um economista. É possível que tanto o aspecto religioso quanto os princípios exóticos da alquimia tenham atraído Newton. Isso levou um de seus biógrafos, Gale Christianson, a sugerir que o objetivo de Newton foi chegar ao grande entendimento sintético do universo.

A vida de Newton foi marcada por uma série de contradições que podem fazer com que ele, na visão moderna, pareça um tipo antipático. Newton era dado a raivas violentas e a disputas desne-



*Quando morreu, Newton deixou um tesouro de pesquisas sobre alquimia, contrapondo suas descobertas na física, que vêm há muito tempo desconcertando cientistas e historiadores.*

cessariamente rancorosas com seus contemporâneos, tais como Leibniz e Hooke. Parece ter tido um relacionamento mais forte com Nicolas Fatio de Duillier, um jovem admirador, e a ruptura da amizade entre eles provavelmente contribuiu para o aparecimento de um problema mental doloroso, mas de pouca duração. Nunca se casou — na verdade, o casamento era-lhe proibido por pertencer à Universidade de Cambridge — e passou quase toda sua vida adulta na companhia de homens. Ria muito raramente, só o fazendo em circunstâncias muito especiais, como, por exemplo, quando um amigo disse que não podia perceber qualquer utilidade no estudo da obra do matemático grego Euclides. Para Erasmus Darwin, *Newton explorou, nas manifestações da Natureza, a causa e o efeito, e, por encanto, desvendou todas as suas leis latentes*. Mas, quando da morte de Newton, Alexander Pope, com mais elegância, escreveu um poema que se encontra gravado no quarto onde Newton nasceu, na Mansão Woolsthorpe: *A Natureza e as Leis da Natureza se escondiam na noite. Deus disse: Que se faça Newton! e tudo se transformou em Luz*.



## Albert Einstein

### & a Ciência do Século XX

(1879 – 1955)

A obra de Albert Einstein é a principal fonte da física do século XX. Suas teorias sobre a relatividade especial e geral forneceram nova base para entender as leis fundamentais da Natureza e os conceitos de espaço, massa e energia. A Teoria Especial da Relatividade, proposta em 1905, acabou se tornando fundamental para o entendimento detalhado das interações das partículas atômicas e subatômicas. E uma década depois, a Teoria Geral da Relatividade criou a possibilidade de desenvolvimento de uma cosmologia moderna.

“A marca do trabalho de Einstein nas diferentes áreas da ciência física é tão grande e variada”, sentencia Gerald Holton numa ava-



liação recente, “que um cientista que tentasse segui-la teria dificuldade para saber por onde começar”. Einstein está na base das descobertas científicas do século XX e, como ISAAC NEWTON [1], suas teorias estão nos fundamentos da imensa manipulação da Natureza por meio da tecnologia. Transistores, microscópios eletrônicos, computadores e células fotoelétricas são apenas alguns exemplos do grande incremento da informação e da comunicação que se originaram na revolução einsteiniana.

Albert Einstein nasceu em Ulm, na Alemanha, em 14 de março de 1879, filho de Hermann Einstein e de Pauline Koch Einstein. A família mudou-se para Munique no ano seguinte. Einstein em criança era taciturno e considerado mais esquisito do que inteligente. Do Leopold Gymnasium, que cursou desde os 10 anos, detestava a rígida disciplina germânica e tampouco sentia entusiasmo por latim ou grego. Foi apresentado à ciência através da matemática e estimulado a seu estudo pelo tio Jakob Einstein, que era engenheiro. Em torno dos 12 anos, aprendeu sozinho geometria e, num caso raro de sonho adolescente que se tornaria realidade, decidiu desvendar, um dia, os mistérios do mundo.

Sua educação secundária foi tão problemática quanto a primária. Em 1894, os Einstein mudaram-se para Milão, na Itália, onde seu pai havia se estabelecido novamente depois de enfrentar problemas em seu negócio original. Não os acompanhando a fim de poder concluir o secundário, Albert deixou o colégio sem se ter formado para se juntar à família. Aos 17 anos, conseguiu entrar para o Instituto Politécnico Suíço, um ano após ter sido reprovado em sua primeira tentativa de inscrição. No Instituto, percebeu que a física e não a matemática seria seu campo de trabalho e estudou as obras de HERMANN VON HELMHOLTZ [63], de JAMES CLERK MAXWELL [12] e de outros. Mas como estudante deixava a desejar, sentia-se constrangido na escola, o que o fez escrever mais tarde: “É quase que um milagre que os métodos modernos de ensino não tenham ainda estrangulado de todo o espírito sagrado da curiosidade e da pesquisa.” Formou-se em 1900.

No início de 1902, Einstein conseguiu o cargo de examinador júnior de patentes, no Escritório Suíço de Patentes, levando à hipótese de que o trabalho nesse lugar — verificando e esclarecendo

os pedidos de patente para mecanismos de todos os tipos — tenha efetivamente estimulado seu pensamento sobre o espaço e o tempo. Certamente foi um período excepcional no qual Einstein ficou isolado da comunidade da física, mas ciente dos desenvolvimentos da época nesse campo.

Em 1905 — geralmente considerado como o *annus mirabilis* de Einstein — publicou três artigos de crucial importância, no volume XVII do *Annalen der Physik*, e seu gênio, como escreveu Emilio Segrè, “incendiou-se com um brilho insuplantável”. Cada um dos três artigos tem a ver com assuntos diferentes:

(1) No artigo sobre o “Movimento browniano” mostra a dança em ziguezague das partículas suspensas num líquido como uma função da cinética molecular que pode ser medida e prevista, o que serve como prova virtual da existência das moléculas, provada por alguns outros fatores. Experiências posteriores, feitas anos mais tarde, confirmaram esses cálculos.

(2) Numa primeira contribuição para a Teoria Quântica, em um artigo Einstein mostra que um processo fundamental da Natureza acontece segundo a equação matemática notável que havia resolvido, alguns anos atrás, o problema da “radiação do corpo negro”. A luz, provou Einstein, é um fluxo de partículas com energia calculável, pelo uso do número chamado de Constante de Planck. (O termo *photon*, partícula de luz, foi criado mais tarde.) A confirmação experimental para a luz visível veio na mesma década e foi por este trabalho que Einstein recebeu o Prêmio Nobel em 1921.

(3) Ambos os artigos anteriores, e particularmente o segundo, são revolucionários, mas nenhum deles o é mais do que o terceiro: o artigo “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento” contém a primeira expressão de Einstein da qual viria a ser conhecida como a Teoria Especial da Relatividade.

A Teoria Especial da Relatividade tem a ver com a mecânica física, mas em certos aspectos é taxativamente contrária às noções comuns que temos do tempo e do espaço. Resumidamente, Einstein diz, como postulado, e considerando o movimento no espaço, que a velocidade da luz pode ser tomada como constante em *todos* os pontos de referência *independentemente* da fonte ou do detector da luz. Em outras palavras, a velocidade da luz que, na verdade, já havia

sido calculada não muda, qualquer que seja a velocidade do observador. Mas, se é assim, dois observadores viajando em velocidades diferentes nunca concordarão com a hora em que aconteceu um determinado evento. O tempo e o espaço, uma vez que a velocidade da luz é constante, transformam-se num ponto de referência único.

É fácil perceber por que a teoria de Einstein foi revolucionária, pois conduz a uma conclusão na qual o bom senso e as noções filosóficas dão lugar a um novo conceito científico, ou seja, um conceito que em princípio pode ser demonstrado. Mais difícil, talvez, é entender por que teve uma aceitação tão rápida por parte dos físicos.

Quando Einstein propôs a relatividade especial, esta tinha a ver diretamente com sérios problemas que interferiam na ciência da eletrodinâmica, então avançando rapidamente. Uma geração antes, James Clerk Maxwell havia desenvolvido equações que sugeriam que as ondas eletromagnéticas moviam-se através do espaço à velocidade da luz. Para explicar essa mecânica — por que as ondas se propagam no espaço sob uma determinada velocidade — foi postulado um *éter* invisível. Mas o *éter* nunca havia sido detectado, deixando incomodamente incompleta uma teoria de ampla comprovação na física. A Teoria da Relatividade Especial não necessita do *éter*, o que é uma simplificação importante. Na verdade, explicava certos resultados experimentais, como o aumento de massa de objetos que se moviam a altas velocidades — numa afirmação do que já havia sido sugerido por Hendrik Lorentz, um físico holandês.

Outra razão mais genérica para o sucesso da Teoria da Relatividade foi o advento, em 1900, da Teoria Quântica. A Teoria da Relatividade seria eventualmente aplicada, enquanto que as leis físicas newtonianas não o poderiam, a fim de preestabelecer certos efeitos no nível subatômico. MAX PLANCK [25], que estabeleceu a Teoria Quântica, reconheceu imediatamente o significado da relatividade especial — comparou-a à revolução feita por Copérnico —, o mesmo acontecendo com NIELS BOHR [3]. A relatividade explicava, como proposto por Einstein, que “a massa de um corpo é a medida de seu conteúdo de energia”. Logo a seguir publicou algo mais compreensível, ao apresentar a famosa equação  $E = mc^2$ , em que a



massa  $m$  pode ser expressa como energia  $E$  quando multiplicada pelo quadrado da velocidade da luz,  $c$ .

Em 1909, mais reconhecido pelos físicos e pela repercussão de seus artigos de 1905 se espalhando, Einstein deixou o Escritório Suíço de Patentes para seguir uma carreira universitária. Foi para a Universidade de Zurique em 1909 e ensinou por um curto período, em 1911, indo em seguida para a Universidade de Praga, numa estada infeliz, devido ao tom anti-semítico que prevalecia na Áustria. Voltou a ensinar em Zurique em 1912. Nomeado para uma função especial na Academia Prussiana de Ciência, com indicação paralela na Universidade de Berlim em 1914, Einstein pôde, depois disso, dedicar muito de seu tempo à pesquisa.

O que hoje é conhecida como a *teoria geral da relatividade* tem a ver com a noção de gravidade e foi desenvolvida por Einstein desde 1907 até sua publicação em 1916. A teoria geral é, na realidade, uma extensão da teoria especial, aplicável a sistemas em movimento de aceleração, tais como os corpos no espaço. Da Teoria Geral da Relatividade emerge toda a cosmologia do século XX — da explicação da “mudança vermelha”, que indica o universo estar em expansão, até a idéia dos *buracos negros*.

Para entender a teoria geral, deve-se começar com o *Princípio de Equivalência* de Einstein. Como o famoso Galileu havia notado, os objetos caem para a Terra com uma aceleração constante, independentemente de sua massa. Nesse sentido, sejam grandes ou pequenos, os objetos que caem são “sem peso”, ou seja, seus pesos não mudam em relação à gravidade. Na verdade, os astronautas em órbita em torno da Terra estão constantemente “caindo” em sua direção e se sentem sem peso. Entretanto, se a nave espacial deixa a órbita e dispara na direção de uma estrela distante, eles podem sentir seu peso total (e até mais) com a mudança da aceleração. A aceleração e não a gravidade é a responsável. Einstein sugeriu que a força da gravidade e a força “inercial” de um sistema em movimento de aceleração são *idênticas*.

A grande consequência desse princípio é que a gravidade *não* é simplesmente a força da Natureza pela qual todos os objetos são atraídos entre si. É, na realidade, um “emperramento” do espaço e do tempo, causado pela massa física. A existência de massa mostra

---



que o espaço deve ser “curvo” — não-euclidiano em forma e mensurável, tendo por base a velocidade da luz. Apesar de a relatividade geral e de as leis clássicas apresentarem basicamente os mesmos resultados no mundo natural, a teoria de Einstein não só descreve as órbitas elípticas do sistema solar, como a teoria newtoniana podia fazer, mas também corrige certas anomalias, tais como a órbita de Mercúrio em volta do Sol.

Observações astronômicas comprovaram a Teoria Geral da Relatividade muitos anos depois de Einstein a haver proposto. Já em 1911, Einstein havia preconizado que a luz de uma estrela, passando perto do Sol, poderia ser desviada devido à grande massa deste. Em seguida percebeu que a quantidade de curvatura era calculável. Assim, a estrela teria uma posição verdadeira, mas vista da Terra haveria uma posição aparente devido ao empenamento do espaço causado pela massa solar. A física clássica, tomando o espaço como plano, daria um valor diferente para a curvatura da luz, que seria a metade daquela apontada pela relatividade geral.

Um eclipse solar daria a oportunidade de ver as estrelas e comparar os valores newtonianos e einsteinianos. Várias tentativas sem sucesso foram feitas antes de 1919, quando pela instigação do astrônomo ARTHUR EDDINGTON [37], e duas expedições foram preparadas, uma para o Brasil e a outra para a ilha Príncipe, na costa da África Equatorial. Os resultados não foram ambíguos: quando foram analisados, a posição das estrelas confirmou a Teoria Geral da Relatividade. Einstein tornou-se da noite para o dia uma celebridade. No dia 7 de novembro de 1919, o *Times* de Londres anunciou: “Revolução na ciência/ Conceitos newtonianos derrubados”. O *New York Times*, dois dias depois, deu continuidade ao assunto, publicando uma matéria de grande importância.

O trabalho posterior de Einstein, à procura de uma teoria unificada de campo que uniria as teorias da gravitação e do eletromagnetismo, não foi conclusivo. Parece ter se apegado, apesar das limitações impostas pela Teoria Quântica, ao ponto de vista de uma realidade que ele mesmo ajudou a fundar com seu artigo de 1905 sobre o efeito fotoelétrico (além de muitos outros trabalhos). Manteve um longo debate com Niels Bohr, escrevendo que “ainda acredito na possibilidade de um modelo da realidade, ou seja, de

---

uma teoria que represente as coisas como elas são e não somente como possibilidade de que sejam”. Depois de 1928, com a conclusão completa da Teoria Quântica, Einstein deixou de dominar a física.

Em 1933, os livros de Einstein estavam entre os que foram queimados pelos nazistas em Berlim. Suas propriedades foram confiscadas, e ele logo deixou a Alemanha, emigrando para os Estados Unidos, onde recebeu uma indicação vitalícia para o Instituto de Estudos Avançados na Universidade Princeton. Inspirado pela ascensão do hitlerismo, deixou de lado algumas de suas convicções pacifistas, e em 1939, apesar de relutante, enviou uma carta para Franklin Roosevelt recomendando o desenvolvimento de uma bomba atômica. Não participou contudo do processo de desenvolvimento da bomba, em parte por ser considerado um risco de segurança devido a suas simpatias pela esquerda. Após a guerra, Einstein foi um advogado do desarmamento nuclear, não se tornando um “patriota” americano, opondo-se às investigações do Congresso relativas às chamadas atividades antiamericanas, nos anos 50. Em 1952 recusou a oferta de se tornar presidente de Israel, um cargo essencialmente formal.

A parte final de sua carreira refletiu seu tremendo prestígio. Tornou-se uma personalidade e conferencista bastante requisitado. Suas antologias *The World as I See It*, de 1934, e *Out of My Later Years*, de 1950, mereceram várias edições. Abrigam artigos sobre uma variada gama de tópicos diferentes, incluindo a natureza da ciência, o socialismo, as relações entre brancos e negros, o sionismo e a decrepitude moral. Como as de Freud, com quem se correspondia, as opiniões sociais e políticas de Einstein refletem a sapiência do liberalismo do século XIX e ainda vale a pena a sua leitura. Embora muitas vezes se mencione que Einstein tenha dito “Deus não joga dados” — em relação às estatísticas quânticas —, do ponto de vista religioso ele era agnóstico. Perguntado se acreditava em Deus, respondeu: “Não se deve perguntar isso a quem, com crescente surpresa, tenta explorar e compreender a ordem arbitrária do universo.”

É muito difícil caracterizar a personalidade de Einstein, especialmente em seus derradeiros anos, quando levou uma vida essencialmente solitária. Não se propunha a expor seus sentimentos,

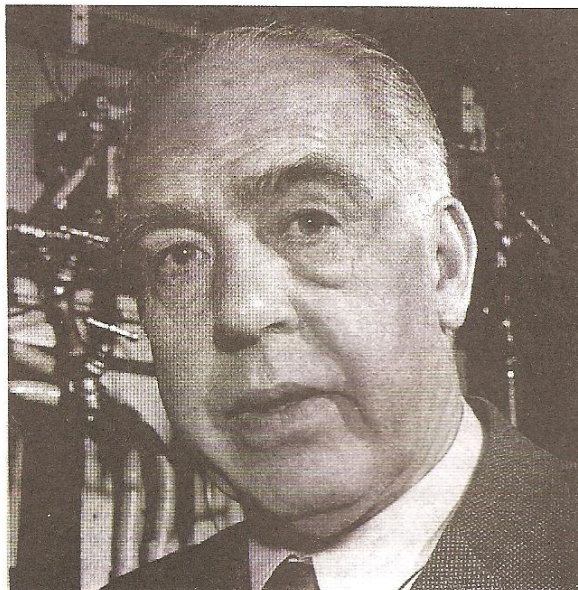
---

porém era capaz de expressar normalmente sua grande devoção à humanidade. Teve um divórcio muito difícil de sua primeira mulher, Mileva Maric, quando estava no auge da fama. Com ela, teve dois filhos, um dos quais se tornou um proeminente professor de engenharia mecânica, enquanto o outro não foi mais do que um esquizofrênico. Um terceiro filho, nascido antes do casamento, foi entregue para ser adotado. Einstein casou-se depois com uma prima distante, Elsa Löwenthal, que o deixou viúvo em 1936.

No dia 11 de abril de 1955, assinou um manifesto pacifista e antinuclear, idealizado e conduzido pelo filósofo Bertrand Russell. Sofreu a ruptura de um aneurisma da aorta alguns dias depois, mas não morreu logo. Recusou fazer uma operação, dizendo: "Irei, quando *eu* quiser. Não é de bom gosto prolongar a vida artificialmente." Einstein morreu em paz, em Princeton, Nova Jersey, em 18 de abril de 1955.

---





## Niels Bohr & o Átomo

(1885 – 1962)

A mecânica quântica constitui a matriz essencial da física do século XX. O fornecimento dos meios para entender o micromundo levou a uma série de novas tecnologias fundamentais, entre as quais o transistor, o *chip* de silício e a energia nuclear. E explicar de forma muito mais convincente e compreensível as ligações químicas e trazer novos entendimentos aos fenômenos biológicos está portanto na raiz dos vários métodos atuais de manipulação da Natureza. Hoje em dia, mesmo a cosmologia depende das idéias quânticas que, além de mudar a própria dinâmica do cotidiano, coloca-se por trás dos grandes movimentos do pensamento filosófico hodierno. De todos

---



os que desenvolveram a teoria quântica, o mais eminente é o físico dinamarquês Niels Bohr.

A importância de Bohr é aferida, tanto por seu próprio trabalho quanto por sua influência que cobriu todo o campo da física teórica, no primeiro quartel do século XX. Publicada em 1913, sua proposta para o modelo do átomo, de profunda repercussão, preparou a base para a mecânica quântica, finalmente concretizada no final da década de 1920. Bohr também examinou as implicações maiores da teoria, que prevê um rompimento radical com o determinismo e com as noções de bom senso de causa e efeito; sua “Interpretação de Copenhague” sobre o mundo quântico ainda é válida. Com Niels Bohr concluem-se os principais esforços para descobrir a “realidade final”. De acordo com ele, “é errado pensar que a tarefa da física seja descobrir como é a Natureza”. (...) “A física se ocupa do que se pode *dizer* sobre a Natureza.”

Niels Bohr nasceu em Copenhague, a 7 de outubro de 1885, filho de Christian Bohr, um professor de fisiologia, e de Ellen Adler Bohr. Os Bohr eram uma família muito unida, intelectual e sofisticada acima do normal, e Niels cresceu num meio extremamente propício. Sua mãe era carinhosa, inteligente, e seu pai, como Bohr mais tarde enfatizou, reconheceu que “algo era esperado de mim”. A família não era religiosa, e Bohr se tornou um ateu, acreditando que o pensamento religioso fazia mal e desviava do caminho ideal. A partir de 1891, cursou a Gammelholms Latin og Realskole, onde seria lembrado como bom aluno, grande para sua idade e sempre pronto para usar os punhos, embora algo tímido. A lembrança que tem de si próprio é de um ser apaixonadamente atraído pela ciência “devido à indução do pai”. Ingressou na Universidade de Copenhague em 1903, onde se formou em física e ficou até receber o título de Mestre em 1909 e o de Doutor em 1911, ano em que seu pai morreu e em que se casou com Margrethe Norlund.

Em 1911, a revolução no entendimento da estrutura do átomo já estava em marcha. Na verdade, a tese de doutorado de Bohr conectava-se com a Teoria dos Elétrons, descoberta, uma década antes, por JOSEPH J. THOMSON [31], como as constituintes universais de toda matéria. Thomson também havia sugerido que o número de elétrons num átomo correspondia a seu peso, explicando a grande variedade

---

de átomos estáveis. E ERNEST RUTHERFORD [19] fez uma descoberta de suma importância: “O átomo tem um núcleo compacto e com massa.” Isso levou os físicos a abandonarem a teoria do átomo como uma espécie de “pudim de passas” — um núcleo contendo nele os elétrons, como se fossem passas — passando a adotar o modelo de Rutherford, com elétrons orbitando em torno de um pequeno núcleo.

Em 1913, quando se encontrava na Inglaterra trabalhando com Rutherford, Bohr publicou três artigos relativos à estrutura atômica que efetivamente mudaram o curso da física. Apesar de o modelo de Rutherford para o átomo resolver de forma notável certas indagações, a questão crucial ainda estava sem resposta: por que os elétrons em órbita — evidentemente ligados ao núcleo — não eram absorvidos pelo núcleo. Em resumo, o modelo não explicava a estabilidade do átomo, que é uma de suas características principais.

Bohr percebeu que a mecânica newtoniana clássica não deixava claro o porquê do comportamento da matéria numa escala atômica. Assim, inspirou-se, para compensar, na física quântica, proposta na virada do século por MAX PLANCK [25] para resolver o problema da “radiação do corpo negro”, utilizada por ALBERT EINSTEIN [2] para demonstrar a característica particulada da luz. Em 1912, durante um período relativamente breve de trabalho intenso, Bohr examinou como o átomo de hidrogênio irradiava luz e desenvolveu uma teoria que se encaixava excepcionalmente bem nos fatos observados. Tomando por base que o elétron só emitia luz quando trocava de órbita, a emissão de um “quantum” foi identificada com um “pulo” de um elétron de uma órbita para outra. Einstein, sabendo dos resultados de Bohr, respondeu com seu modo lacônico: “Isso é uma enorme realização.”

O modelo do átomo de Rutherford-Bohr, como veio a se tornar conhecido, foi um avanço fundamental, logo usado para obter nova compreensão da estrutura atômica de todos os elementos. Uma das realizações de Bohr em 1913 foi identificar os pulos quânticos dos elétrons com o espectro do raio X.<sup>2</sup> No ano seguinte, trilhando o caminho aberto por Bohr, o físico britânico Harry Moseley estabele-

---

<sup>2</sup> A espectroscopia da luz no século XIX permitiu aos cientistas analisarem os vários elementos. Com comprimentos de onda muito mais curtos do que a luz visível, os raios X podiam fornecer informações muito mais fundamentais, numa escala atômica. Ver, neste livro, GUSTAV KIRCHHOFF [57] e MAX VON LAUE [56].

leceu uma nova e definitiva ordem na tabela periódica, pela análise espectral por raio X dos elementos químicos, dando um número atômico a cada um. Durante os anos posteriores, Bohr teve uma série de realizações técnicas que, como escreveu Abraham Pais, “em retrospecto (...) são mais fabulosos e imprevisíveis porque são baseados em analogias — órbitas atômicas semelhantes ao movimento dos planetas ao redor do Sol e com rotação própria semelhante à rotação dos planetas enquanto em órbita — que são, na realidade, falsas”. Bohr recebeu o Prêmio Nobel em 1922.

Na verdade, o modelo de átomo elaborado por Bohr acabou apresentando vários e significativos defeitos. A chamada “primeira revolução quântica” não resolveu alguns problemas referentes ao comportamento de átomos mais complexos. Apesar de a teoria ter sido desenvolvida de várias maneiras de 1913 até 1925, simultaneamente acumulou problemas sérios que iriam finalmente levar à chamada “segunda revolução quântica”.

Durante a década de 1920, Bohr foi personagem importante por ajudar na resolução da crise na física, derivada dos defeitos na estrutura atômica, que ele mesmo havia proposto. Voltando para a Universidade de Copenhague em 1916, Bohr tornou-se professor de física teórica e participou da abertura, cinco anos mais tarde, do Instituto de Física Teórica. Assim, essa cidade tornou-se um ímã para os físicos, tendo Bohr como pólo principal. A “segunda revolução quântica” deu à luz um modelo do átomo puramente matemático que efetivamente reconhecia as limitações da percepção humana com relação aos acontecimentos subatômicos. Foi resumido pela mecânica de ondas de Schrödinger, pela mecânica de matriz de Heisenberg e pelo famoso Princípio da Incerteza, que limita o conhecimento dos sistemas físicos.

Em fins da década de 1920, Bohr desenvolveu dois princípios para ajudar a guiar a segunda revolução quântica a um final de bom termo. Na famosa conferência de 1927, sobre “A Fundação Filosófica da Teoria Quântica”, discutiu o conceito de “complementaridade”, implícita na idéia de que, apesar de os sistemas subatômicos poderem ser medidos de maneira contraditória — como ondas ou como partículas —, ambas as características são necessárias para uma descrição completa do fenômeno. Intrigado pelas implicações filo-

---



sóficas dessa idéia, Bohr eventualmente argumentou que o princípio da complementaridade poderia ser aplicado ao problema da liberdade da vontade e aos processos básicos da vida. Talvez o resultado mais importante dessa idéia seja o fato de a teoria quântica ser utilizada subsequente para dar uma descrição basicamente completa da Natureza. E que não seria alterada por descobertas futuras. Não há realidade “mais profunda” que se situe além dos conceitos quânticos. Apesar de ter sido muito debatida de várias formas, essa idéia continua a ser a base granítica do “espírito de Copenhague” — apesar de experiências, da “mente de Deus” e das teorias de universos múltiplos. Tal doutrina nunca foi totalmente aceita por Albert Einstein, Max Planck ou por um sem-número de outros físicos, mas permanece como teoria básica até hoje.

Durante a década de 1930, Bohr começou a investigar e a expandir o campo da física nuclear e em 1934 sugeriu o modelo da “gota líquida” para o núcleo do átomo. Apresentou, em 1936, uma teoria resumida para o núcleo atômico, que se tornou o guia geral para os físicos durante a década seguinte. Na teoria de Bohr, os nêutrons e os prótons estariam fortemente ligados em conjunto ao núcleo por uma grande força, contrabalançada pela “carga elétrica” mutuamente repulsora do próton. Apesar da certeza de que a energia seria liberada se o nêutron fosse alterado, nessa época os efeitos da quebra do átomo ainda eram obscuros.

Depois do início da Segunda Guerra Mundial, Bohr primeiramente permaneceu na Dinamarca, invadida pelos nazistas em 1940. Devido à sua fama, conseguiu ajudar alguns de seus colegas a escaparem da perseguição, apesar de se recusar a cooperar com as metas bélicas dos nazistas. Mas em 1943, depois de ser convencido pelos boatos de que seria preso em breve, ele e a família escaparam para a Suécia, daí para a Inglaterra e finalmente para os Estados Unidos. Logo se juntou ao Projeto Manhattan, em que lhe foi dado, com segurança, o pseudônimo de “Tio Nick”. A importância de Bohr para o projeto foi mais simbólica do que substancial. Ele era contra o uso da bomba atômica e, durante o curso da guerra, encontrou-se com Roosevelt e Churchill, que repudiaram sua proposta de impedir uma corrida armamentista de base nuclear pela participação direta da União Soviética nas informações disponíveis.

---

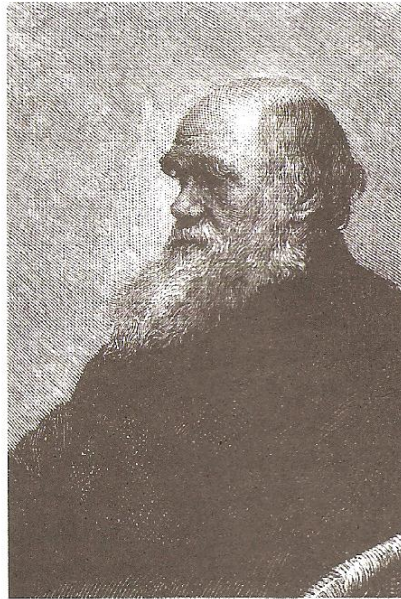


Quando voltou para a Dinamarca depois da guerra, Bohr manteve-se em atividade até o final da vida, aposentando-se da Universidade de Copenhague em 1955. Cientista engajado, em permanente oposição à produção de armas atômicas, Bohr escreveu a famosa “Carta aberta” às Nações Unidas em 1950 e recebeu, entre outras honras, o prêmio “Átomos para a Paz” em 1957. Foi também muito ativo em promover a cooperação internacional em física e ajudou a fundar o Centro Europeu de Pesquisa Nuclear (CEPN), em Genebra. Em 17 de novembro de 1962, concedeu uma entrevista, que seria sua última, sobre a história da teoria quântica. No dia seguinte, deitou-se como de hábito para cochilar depois do almoço, teve um ataque do coração e morreu. Foi enterrado no jazigo da família, em Copenhague.

Extremamente colaborativo com relação à física — e bem diferente de Einstein, neste aspecto —, Bohr sempre foi objeto de grandes elogios por seus colegas, do mesmo modo que era adorado por sua família e pelos amigos. De acordo com Victor Weisskopf, Bohr criou o “estilo Copenhague” e “o vemos, o maior entre seus colegas, agindo, falando e vivendo como um igual num grupo de pessoas jovens, otimistas, brincalhonas e entusiasmadas, que chegam aos segredos mais profundos da natureza com um espírito de ataque, um espírito livre dos grilhões das convenções e com um espírito de alegria difícil de descrever”. Seu feliz casamento com Margrethe resultou em seis filhos; um deles, Aage Bohr, também se tornou um físico teórico, laureado com o Prêmio Nobel.

Apesar de Niels Bohr não ter sido o único responsável pelo desenvolvimento do novo arcabouço teórico do entendimento do mundo físico, seu lugar na história da ciência é pioneiro e incontestado. Richard Rhodes descreveu-o com simplicidade: “As contribuições de Bohr para a física do século XX só perdem para as de Einstein.”

---



## Charles Darwin & a Evolução

(1809 – 1882)

Com Charles Darwin a relação entre o homem e a Natureza, nascida da dicotomia entre indústria e ciência, toma uma nova feição, dramática e secular. Em 1859, Darwin publicou *A Origem das Espécies* e, 12 anos depois, *A Descendência do Homem*. Conflitante com os dogmas de espécies imutáveis e de um lugar especial para os seres humanos na ordem natural, a interpretação de Darwin sobre a Natureza e a evolução da vida teve uma excepcional ascendência direta sobre a cultura ocidental. Apesar de ter criado controvérsias no início, o impacto total da Teoria da Evolução só se sentiu no século XX, quando veio a ser aperfeiçoada por avanços adicionais

---

nas ciências físicas. A genética e a microbiologia, nascidas do progresso da medicina e da física, e apadrinhadas pela Teoria da Evolução, são as heranças deixadas por Darwin para este século. “Darwin é indiscutivelmente o cientista mais conhecido da História”, escrevem Adrian Desmond e James Moore, seus biógrafos recentes. “Mais do que qualquer outro pensador moderno — incluindo Freud e Marx —, este afável naturalista do velho mundo, pertencente à classe social menor de Shropshire, transformou a maneira como nos vemos neste planeta.”

Charles Robert Darwin nasceu em 12 de fevereiro de 1809, quinto filho e o mais moço de dois filhos homens de Robert Waring Darwin, médico, e Susannah Wedgwood. Seu avô paterno foi Erasmus Darwin (1731-1802), conhecido médico, poeta, filósofo e inventor; o materno, Josiah Wedgwood, o famoso fabricante de vasos e porcelanas. Quando Darwin tinha oito anos, sua mãe morreu de doença gastrointestinal, provavelmente um câncer. Darwin, mais tarde, contou que suas irmãs o proibiram de falar sobre a mãe depois de morta, e, assim, ele pouco se lembrava dela. Enviado para a Shrewsbury School, uma escola particular de prestígio dirigida por Samuel Butler, detestou o currículo, com forte ênfase nos clássicos; Darwin tinha dificuldade em aprender idiomas. Entretanto, fora das salas de aula interessava-se por história natural e por colecionar plantas e animais. “A paixão por colecionar”, escreveu em sua *Autobiografia*, “que leva alguém a ser um naturalista sistemático, um virtuoso ou um avaro, era muito forte e claramente intuitiva, pois nenhum de meus irmãos ou irmãs jamais a possuiu.”

Darwin se lembrava de seu pai, o médico principal de Shrewsbury, com admiração; porém, outros, no fundo, o achavam, apesar de benevolente, um tirano. Assim como Robert Darwin, Charles inicialmente planejava estudar medicina, e começou a freqüentar a Universidade de Edimburgo em 1825. No ano seguinte, entrou para a Sociedade Plinian de História Natural e veio a ficar sob a influência de Robert Grant, um conhecido médico e zoologista. Com relação a seus estudos de medicina, entretanto, Darwin demonstrava não gostar; detestava particularmente anatomia — para seu arrependimento mais tarde —, pois nunca aprendeu a dissecar. Também se tornou claro que era sensível ao sofrimento humano e não conseguia

---



observar as operações, que eram feitas, naquela época, sem anestésico.

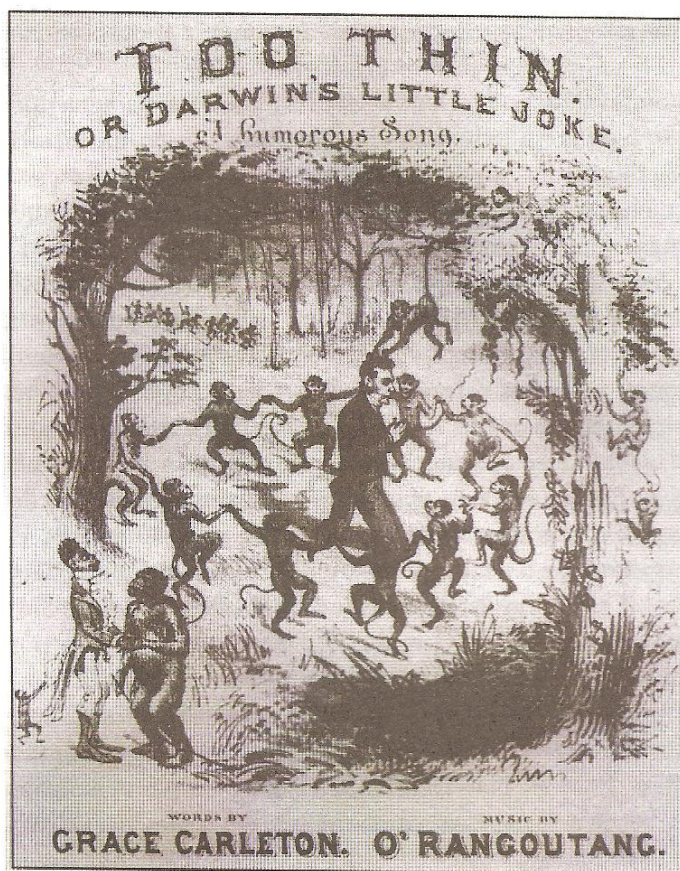
A ambivalência de Darwin sobre a escolha de uma carreira levou-o a um resultado fora do comum e crítico na história da ciência. Quando as dúvidas de Darwin com relação a fazer-se um médico chegaram ao conhecimento de seu pai, este sugeriu que ele se tornasse um religioso. Darwin, obedientemente, deixou Edimburgo em 1827 e matriculou-se no Christ College, na Universidade de Cambridge. Lá, seu tempo foi desperdiçado, como mais tarde afirmou; entretanto, estudou com o botânico John Steven Henslow, colecionou besouros e formou-se em 1831. Logo depois, teve o oferecimento para ocupar a posição de naturalista no navio que faria uma viagem de circunavegação do globo. O jovem capitão do *H. M. S. Beagle*, Robert FitzRoy, queria um companheiro jovem e de boa família, pois deveria ser uma viagem longa e provavelmente tediosa. Seu propósito era o reconhecimento da costa da Terra do Fogo e do litoral do Chile e do Peru e a visita às Ilhas dos Mares do Sul e ao Arquipélago das Índias. O nome de Darwin foi proposto por seu professor Henslow, como sendo “amplamente qualificado para colecionar, observar e anotar”. Vencendo as objeções de seu pai, Darwin estava a bordo do *Beagle*, quando este zarpou em 27 de dezembro de 1831. Não retornaria à Inglaterra por cinco anos.

Na literatura popular sobre ciência, a viagem de Darwin no *Beagle* tem um lugar especial. Algumas vezes, contada como uma aventura em que Darwin é retratado como “um homem fisicamente vigoroso, aventureiro, de espírito corajoso, inventivo e diligente, quando em dificuldades, e constantemente levado para além dos limites de seu ambiente natural por algum impulso desconhecido”. Na verdade, o *Beagle* fundeu em Montevideu quando o país estava em meio a uma revolução, e Darwin atravessou os pampas a cavalo, tendo escrito à sua irmã: “Tornei-me quase um gaúcho, bebo o mate e fumo o charuto e me deito para dormir tão confortavelmente como numa cama de penas, tendo o firmamento como dossel.” Darwin também teve problemas de enjôo marítimo durante toda a viagem e sentia muitas saudades de casa.

De maior significado, porém, é o fato de Darwin aproveitar uma oportunidade fora do comum para absorver matéria-prima,

---





*A teoria da descendência comum causou grande impacto.*

dentro do contexto da atividade intelectual histórica das ciências naturais. Inicialmente seu interesse primário era a geologia, e a grande influência sobre ele foi de CHARLES LYELL [28], cujo trabalho então publicado, *Princípios de Geologia*, ele havia lido com interesse durante a viagem. Darwin também colecionou exemplares da flora e da fauna. Usava cadernos de campo para escrever suas observações, expandidas sob a forma de diário. Notou, com interesse, as pequenas diferenças entre a população de pássaros e de tartarugas nas ilhas vizinhas a Galápagos; também sentiu que sua competência para observar melhorava. “Sempre achei que devo a esta viagem o primeiro treino real ou a educação de minha mente”, escreveu

depois. “Fui levado a verificar de perto os vários ramos da história natural, e assim minha capacidade como observador foi melhorada, apesar de já estar bem desenvolvida.” O *Beagle* retornou à Inglaterra no dia 2 de outubro de 1836.

Em 1837, ainda sob o impacto intelectual da viagem, Darwin começou a rascunhar o produto teórico da massa de observações, e em 1838, enquanto lia Malthus, concebeu a idéia da seleção natural — a conservação de certas características através da adaptação às condições de vida. Entretanto, não publicou sua teoria nessa época e continuou a acumular dados. Publicou três artigos científicos com suas observações relativas a bancos de coral, ilhas vulcânicas e outras formações geológicas. Esses artigos deram a Darwin uma sólida reputação profissional.

Na Down House, fora dos limites de Londres, onde Darwin morava desde 1842, dedicou os anos de 1846 até 1854 a uma pesquisa sistemática sobre a estrutura das cracas, os crustáceos indesejáveis que se distribuem por todo o mundo se incrustando nos cascos dos navios. Fez um terceiro rascunho da sua teoria em 1856, porém, mesmo sendo pressionado por Charles Lyell — agora um amigo pessoal —, recusou-se a publicar. Por outro lado, Darwin estava ansioso para estabelecer uma prioridade para suas idéias científicas, mas acreditava que somente uma apresentação teórica, apoiada por uma gigantesca quantidade de fatos, seria apropriada.

Em 1858, Alfred Wallace, um naturalista amador que também havia viajado para a América do Sul, enviou a Darwin uma exposição muito clara da teoria da formação das espécies, o que o obrigou a trazer suas idéias a público. Artigos separados feitos por Darwin e por Wallace foram lidos pela Linnaean Society, e a ascendência de Darwin foi estabelecida. O ano seguinte foi o da publicação do seu livro *A Origem das Espécies pela Seleção Natural ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Sobrevivência*.

A *Origem* teve um impacto imediato e controverso sobre os cientistas, sobre os leitores em geral e sobre os teólogos. O mais famoso aconteceu numa reunião da Associação Britânica, onde o bispo de Oxford, que ignorava a teoria de Darwin, mesmo assim a ridicularizou. O bispo foi induzido ao silêncio por Thomas Huxley — chamado algumas vezes de “bulldog de Darwin” —, que declarou

---



preferir “ser aparentado a um macaco a ser um homem de habilidade comprovada que usava seu cérebro para perverter a verdade”.<sup>3</sup>

Como aconteceu com a revolução de Copérnico e com a hipótese de Freud sobre a mente inconsciente, a obra de Darwin era tão poderosa que exerceu grande influência bem antes de qualquer prova experimental. Na verdade, a relutância de Darwin em publicar a *Origem* é fácil de entender, pois nem mesmo as regras e, mais ainda, nem mesmo os mecanismos da hereditariedade estavam esclarecidos naquela época. Se as tendências eram mescladas, como acreditavam originalmente os biólogos, por que não seriam as adaptações individuais diluídas e destinadas a desaparecer em algumas gerações? Este problema preocupou Darwin a tal ponto de ele ser levado a adaptar uma solução quase lamarckiana — conhecida como *pangênese* — no final de sua vida.<sup>4</sup> A explicação física da hereditariedade e da seleção natural teria de esperar a descoberta dos cromossomos, a redescoberta de GREGOR MENDEL [60] e o trabalho dos geneticistas. Meio século separa a publicação da *Origem* da explicação da hereditariedade genética feita por THOMAS HUNT MORGAN [62].

Após a *Origem*, Darwin publicou cerca de 10 livros referentes à teoria da seleção natural. Entre eles, *A Descendência do Homem*, em 1871, *A Expressão das Emoções no Homem e nos Animais*, no ano seguinte, e *O Poder do Movimento nas Plantas*, em 1880.

A vida pessoal de Darwin foi muito estudada, e suas idiossincrasias, muito debatidas. Em 1839, casou-se com uma prima em primeiro grau, Emma Wedgwood, que lhe deu 10 filhos, sete dos quais chegaram à idade adulta. Durante grande parte do final de sua vida, Darwin sofreu de uma doença, cujo diagnóstico não é muito claro e que pode ter sido psicossomática. Quando escreveu *Origem*, Darwin era ateu; mais tarde, tornou-se agnóstico. Quando morreu,

---

<sup>3</sup> O bispo não foi humilhado, como se diz, e chegou a reproduzir o seu discurso. Só ficou desconcertado perante a História.

<sup>4</sup> A pangênese referia-se à noção de que todas as células do corpo dão instruções para as células reprodutivas. Este fenômeno poderia permitir que características adquiridas pudessem ser passadas para os filhos, como LAMARCK [69] havia sugerido. Como era um conceito especulativo, foi logo abandonado.

em 19 de abril de 1882, foi enterrado na Westminster Abbey, perto de ISAAC NEWTON [1].

Charles Darwin, “por sua grande influência no pensamento humano, deve ser destacado entre os grandes homens da ciência — Aristóteles, Galileo, Newton, Lavoisier e Einstein”. Assim escreveu A. E. E. McKenzie em sua obra clássica de história, *As Maiores Realizações da Ciência*, publicada há uma geração. Nada aconteceu desde então para mudar esse ponto de vista. Da mesma forma que o pensamento freudiano, o darwinismo também permite uma investigação mais rápida e dolorosa do que a física, dos preconceitos pessoais e sociais, e com toda uma variedade de conseqüências sociais; assim, a controvérsia tornou-se uma de suas características mais constantes e que mais se desenvolveu. Apesar disso, Charles Darwin, como escreveu George Gaylord Simpson, é “o gênio que, apesar de falível como todos nós, revolucionou o escrutínio científico e o conhecimento de nossas origens, bem como nossa relação física com a Natureza e com o universo”.

---





## Louis Pasteur & a Teoria da Doença Causada pelos Germens

(1822 – 1895)

A conclusão de que as doenças são causadas por microorganismos e nunca por demônios, ou por miasma, ainda inexistia há pouco mais de 100 anos. Proposta durante a Renascença pelo médico italiano Fracastorio — que deu nome à sífilis —, a Teoria do Contágio teve seus defensores durante os dois séculos seguintes, mas não conseguiu ser definitivamente estabelecida. Somente na segunda metade do século XIX, essa situação começou a mudar, não só pelas observações isoladas de médicos, mas também pelo trabalho sistemático de personagens como o cirurgião britânico Joseph Lister.

---

Mas a ciência da bacteriologia, que se tornou um imenso sucesso, é geralmente creditada ao gênio de Louis Pasteur.

Apesar de estudos recentes terem colocado Pasteur num nível quase divino — como Freud, ele foi reverenciado além da medida — é difícil negar a fama, já atingida durante sua vida, de que pertence ao grupo dos grandes cientistas da História. Formado em química, seu interesse inicial foi a cristalografia; porém logo se voltou para os estudos práticos sobre as doenças da fermentação do vinagre, do vinho e da cerveja, e depois para os estudos sobre infecções que afligiam seres humanos e animais. Desenvolveu então vacinas contra o antraz e a raiva e deu origem a muitas pesquisas bem-sucedidas no combate a uma série de outras doenças. A capacidade excepcional de Pasteur para extrair de suas descobertas uma teoria geral acarretou significativas inovações à medicina. De imediato, salvaram milhões de vidas, gerando mudanças profundas no cotidiano das pessoas. Portanto, não é de estranhar que tenha ganho uma fama lendária ainda em seu tempo e que hoje, mesmo com uma atitude mais crítica em relação aos grandes vultos da ciência, suas realizações estejam sendo objeto de investigações mais intensas.

Louis Pasteur nasceu em 27 de dezembro de 1822, em Dôle, na França oriental. Seu pai, Joseph Pasteur, um sargento do exército de Napoleão e curtidor de couros por profissão, teve forte influência positiva sobre ele. Na juventude, Louis chegou a ser um pintor promissor — as telas, ainda existentes, revelam seu talento —, mas abandonou a pretensão artística aos 19 anos para seguir a carreira científica. Em seguida à sua formatura no *collège*, em Besançon, ele e a família decidiram que continuaria seus estudos em Paris, na École Normale Supérieure, que era, à época — e ainda o é hoje em dia —, a formadora de professores universitários em artes e ciências. É tão típico de sua diligência e do perfeccionismo, de seu egoísmo e excentricidade, que Pasteur, em 1842, quando obteve uma classificação baixa nos exames de seleção — até mesmo uma nota de “mediocre” em química —, chegou a recusar a matrícula. Estudou por mais um ano e prestou novo exame, matriculando-se, após suas notas o colocarem acima dos demais. Estudou física e química, titulando-se professor ao

---

passar pelo *agrégation* em 1846. No ano seguinte, defendeu duas teses, uma em física e a outra em química.

A primeira descoberta de Pasteur aconteceu em 1848 em cristalografia — então, um campo muito em voga —, mostrando seus poderes de persistência e de observação, além da habilidade para formular uma teoria geral.

Os químicos estavam intrigados pelo fato de certos cristais formados pelos tartaratos serem quimicamente iguais, porém com propriedades óticas diferentes, ou seja, alguns defletiam a luz, e outros, não. O termo *isômeros* fora inventado por J. J. Berzelius para descrever os compostos de partes iguais, porém sem deixar claro como isso acontecia. Ao usar pinças manuais com lentes e por meio de pesquisas tediosas e extremamente precisas, Pasteur conseguiu demonstrar que as duas formas de cristal eram, na realidade, imagens refletidas uma da outra. De acordo com a lenda, a solução de Pasteur para esse mistério levou-o a gritar o que se tornou sua citação mais conhecida: “*Tout est trouvé!*” Havia resolvido, como mostrou, não somente a estrutura do ácido tartárico, mas também descoberto as moléculas dissimétricas, uma classe totalmente nova de substâncias. E o estudo desse arranjo da estrutura molecular, que afeta as propriedades de um composto químico, passou a ser denominado de estereoquímica.

Em 1854, Pasteur aceitou a cadeira de química na Universidade de Lille, onde voltou seu interesse para o estudo da fermentação, a pedido de um industrial do local, que não conseguia entender o porquê de certas partidas de suco de beterraba não se converterem em álcool etílico. Ao estudar o problema, Pasteur ampliou sua investigação para incluir também a fermentação láctica e alcoólica. Era sabido que a produção de álcool a partir do açúcar era causada pela fermentação, posição defendida por JUSTUS LIEBIG [36] e outros químicos famosos da época.

Pasteur, entretanto, chegou a uma conclusão muito diferente: a fermentação é um processo biológico, a partir da multiplicação da levedura. Em 1857, publicou um breve artigo intitulado *Mémoire sur la fermentation appelée lactique* (Nota sobre a chamada Fermentação Láctica), que pode ser considerado uma das pedras fundamentais da microbiologia. Apesar de a teoria de Pasteur possuir algumas

---



incorrekções, este artigo foi bastante eclético, ao sugerir que “existe uma categoria de criaturas cuja respiração é ativa o suficiente para obter oxigênio de certos compostos que são (...) sujeitos a uma decomposição vagarosa e progressiva”. Pasteur havia descoberto os organismos anaeróbios, além de fornecer a base científica a um processo já utilizado há séculos. O uso industrial das leveduras hoje inclui a produção de alimentos e de álcool e também a fabricação de vitaminas, antibióticos e hormônios.

Ao voltar a Paris em 1857, Pasteur tornou-se diretor de estudos científicos na École Normale. O estudo da fermentação levantou para Pasteur o problema da geração espontânea — a velha crença de que certas formas de vida surgem de onde inexistia vida. Essa noção, altamente plausível — minhocas e moscas, por exemplo, emergem do solo —, era consistentemente derrubada pela química orgânica. Pasteur, então, executou uma variedade de experiências engenhosas. Mostrou que o ar atmosférico sempre contém micro-organismos e que seres vivos sempre podem ser encontrados em substâncias como água com açúcar, quando exposta ao oxigênio. Por contraste, demonstrou repetidas vezes que substâncias suscetíveis à putrefação e à fermentação não suportavam a vida sem o ar. Aqueceu frascos de vidro com gargalos altos, e os organismos não apareceram depois da ebulição — e até que se introduzisse ar. Em dado momento, Pasteur foi às montanhas Jura, subiu no monte Poupet e abriu seus frascos, mostrando que essas regiões estavam relativamente sem contaminação. Conforme René Dubos: “Depois que Pasteur fez suas pesquisas, não havia mais nenhuma razão para acreditar que a geração espontânea jamais acontecesse — pelo menos nas condições normais.”

No decorrer de uma década, começando em torno de 1863, Louis Pasteur e suas teorias produziram um tremendo impacto na indústria francesa, e sua fama se tornou internacional. Ainda em 1863, por diretiva de Napoleão III, iniciou um estudo sobre as doenças dos vinhos, que por razões desconhecidas algumas vezes se transformavam em vinagre ou amargavam ou mesmo deterioravam. Pasteur demonstrou ser a decomposição bacteriana responsável por esses efeitos e, apesar de inicialmente considerar a introdução de algum anti-séptico no vinho, descobriu que um tratamento térmico

---



seria uma solução mais viável — e, na verdade, método já empregado por camponeses de algumas regiões da Espanha e de outros lugares. Depois da derrota da França para a Alemanha em 1871, Pasteur aplicou princípios semelhantes ao estudo da cerveja, um gesto considerado então não muito patriótico. A pasteurização — o aquecimento da cerveja ou do vinho por um curto período a 50-60°C — foi logo aplicada a uma série de alimentos, especialmente ao leite e seus derivados.

As doenças dos bichos-da-seda foram outra das preocupações de Pasteur durante a década de 1860, conseguindo salvar a tecelagem francesa da seda de uma catástrofe, mediante o controle do processo de reprodução, dirigido no sentido de evitar ovos contaminados.

Quando chegou, em 1873, ao ápice de sua carreira, seu trabalho em imunologia, sobre doenças infecciosas, que já durava 20 anos, passou a ser seguido muito de perto por um número sempre crescente de admiradores. Em 1880, Pasteur fez seu primeiro esboço para criar uma vacina, após ter isolado o organismo causador da cólera nas aves. Entretanto, para evitar confronto, guardou para si as descobertas que culminaram na formulação dessa vacina desenvolvida, simplesmente, através do enfraquecimento do micróbio quando exposto ao ar. Concluiu, então, que a redução da potência daquele organismo poderia ser responsável por uma situação de imunidade no animal, depois de uma inoculação.<sup>5</sup> Assim, Pasteur, reconhecendo essa formulação como o princípio geral da imunidade, começa a mais importante e retumbante fase de sua vida.

O sucesso de Pasteur com a cólera avícola levou-o a atacar o problema do antraz, uma doença que afligia o gado e era transmitida aos seres humanos. Ao executar uma investigação impressionante, Pasteur chegou ao micróbio responsável por ela, sugerindo que seria transmitido pelas carcaças dos animais enterrados nos pastos. Ainda mais retumbante foi a demonstração, feita em público em 1881, de sua vacina contra o antraz e que ele dizia ter sido preparada com o vírus atenuado. Ao infectar 50 ovelhas com uma cultura virulenta, todos os 25 animais que não haviam sido primeiramente inoculados

---

<sup>5</sup> Edward Jenner (1749-1823) havia desenvolvido um método de inoculação contra a varíola, mas não tinha meios para poder entender como funcionava.

com a vacina morreram. Essa experiência controvertida que Pasteur fora desafiado a demonstrar foi realizada com grande habilidade e largamente noticiada.

As experiências de Pasteur na imunologia, então incipiente, culminaram na famosa vacina contra a raiva, desenvolvida durante a década de 1880. Devido aos sintomas dramáticos e da mortalidade final, a raiva era uma doença particularmente insondável e amedrontadora. No laboratório, Pasteur conseguiu proteger cães pela injeção de uma forma atenuada da cultura seguida da inoculação de uma cultura de alta virulência. Ainda não havia testado a vacina em seres humanos e não foi tentado a fazê-lo até que um garoto, Joseph Meister, foi trazido em 1885 após ter sido mordido por um cão raivoso. Como se presumia que o garoto estava perdido sem a vacina, Pasteur, e não sem relutância, fez uma série de inoculações. O jovem Meister sobreviveu, e Pasteur ficou coberto de glória.<sup>6</sup> Este sucesso final permitiu que Pasteur levantasse fundos, por meio de subscrição pública, para construir o instituto de medicina que hoje leva o seu nome.

Louis Pasteur casou-se com Marie Laurent em 1849 e tiveram quatro filhos, dois dos quais chegaram à idade adulta. Em 1868, Pasteur sofreu um derrame que o deixou parcialmente paralisado para o resto da vida. Morreu em St. Cloud, em 28 de setembro de 1895, e recebeu um enterro com honras de chefe de Estado e de herói nacional. Encontra-se enterrado, com sua mulher, numa cripta, hoje aberta à visitação pública, no Instituto Pasteur, em Paris.

Em nada nos surpreende tomarmos conhecimento de uma enorme capacidade para o trabalho e de uma memória excepcional como a de Pasteur. De maior importância, entretanto, era seu poder de combinar a habilidade de perceber os detalhes com uma faculdade de generalizar, aliada à abrangência e precisão. Essa habilidade — que pode ser percebida pela amplitude e pela clareza de seus trabalhos — ele divide com ISAAC NEWTON [1], ALBERT EINSTEIN [2], NIELS BOHR [3], CHARLES DARWIN [4] e SIGMUND FREUD [6]. Como vários desses personagens, também tem seu lado menos agradável:

---

<sup>6</sup> Meister tornou-se depois o porteiro do Instituto Pasteur. Em 1940, de acordo com René Dubos, suicidou-se para não ter de se submeter aos invasores alemães, que exigiam que ele abrisse o mausoléu onde Pasteur havia sido enterrado.

teve pequenas hostilidades com CLAUDE BERNARD [13], era um patriota piedoso e um católico devoto que recusava considerar o darwinismo. Mas esses defeitos são mínimos, diante do que Jacques Nicolle chama de “seu talento excepcional para as observações incidentais que se abrem, assunto após assunto, para os trabalhos futuros — do mesmo modo que um rio irriga grandes áreas de terra sem perder o seu caminho para o mar”.

Visto com seriedade, como outros grandes cientistas e suas obras, Pasteur não confirma as declarações feitas por seus primeiros biógrafos. Recentemente, Gerald L. Geison, em excepcional trabalho, documentou como a vacina de antraz de Pasteur dependia não da atenuação, como ele dizia, mas de uma técnica desenvolvida por um rival; e decepções semelhantes também existem com relação a sua vacina anti-rábica. Reconhecendo que “o trabalho científico de Pasteur foi de enorme importância e fertilidade, e que alguns de seus princípios continuam a nos guiar ainda hoje”, Geison tentou esvaziar os aspectos desnecessários do que se conhece como a lenda pastoriana. “Aquela imagem foi feita num contexto que já perdeu muito de seu significado para nós — um contexto no qual as biografias heróicas eram usadas para transmitir verdades morais largamente aceitas e, nas quais, a ciência era vista como conhecimento diretamente útil e ‘positivo’. Mesmo numa era que necessita e busca os heróis, não temos mais que aceitar aquela imagem como se apresenta à primeira vista.”

---





## Sigmund Freud & a Psicologia do Inconsciente

(1856 – 1939)

No final do século XIX, os avanços da ciência, da tecnologia e da medicina acarretaram enormes conseqüências para as vidas subjetiva e interior de homens e mulheres na civilização ocidental. A revolução industrial, a urbanização e as novas formas complexas da vida social, incluindo o crescimento de uma substancial classe média, expandiram a gama das diversas personalidades humanas e afetaram fortemente os relacionamentos interpessoais e sexuais. Portanto, não é surpreendente que, em 1900, no mesmo ano em que MAX PLANCK [25] descobriu os segredos da radiação do corpo negro, Sigmund Freud publicasse *A Interpretação dos Sonhos*.

---

Freud é o mais singular e significativo estudioso do novo entendimento do eu e suas transformações. Causaram muita polêmica em sua época, tanto quanto hoje, “os continuados extremos de hostilidade, que podem ser usados como um índice do impacto profundo da revolução freudiana”, como muito bem definiu o historiador I. Bernard Cohen.

Sigmund Freud nasceu em 6 de maio de 1856 em Freiburg, na Morávia oriental, cidade então pertencente ao império austro-húngaro. Atualmente conhecida como Příbor, faz parte da República Tcheca. Seus pais foram Jacob Freud, homem de negócios, de muita cultura, mas de pouco sucesso, e Amalie Nathanson. Quando Sigmund, um entre oito filhos, tinha três anos, a família mudou-se para Viena. Recebeu alguma instrução em casa e foi um aluno excepcional no ginásio, onde se formou aos 17 anos. Apesar de ter pensado em estudar direito, acabou decidindo pela medicina, mas escreveu a um amigo em 1873: “Decidi me tornar um cientista natural.” Para um estudante de origem modesta, isso significava dedicar-se à medicina. Mais tarde, naquele mesmo ano, Freud entrou para a Universidade de Viena, onde se formou em 1881.

Seu primeiro trabalho científico foi feito durante este período, um artigo sobre a enguia-macha nos rios, publicado em 1877, e reflete o interesse de Freud em fisiologia, matéria que estudou no instituto dirigido por Ernst Brücke de 1876 até 1882. Apesar de poder continuar suas pesquisas naquele local, saiu à procura de um futuro financeiramente mais auspicioso na medicina, bastante necessário, já que em 1882 ficara noivo de Martha Bernays, com quem se casou em 1886.

Durante três anos, entre 1882 e 1885, Freud estudou no Hospital Geral de Viena, iniciando a primeira pesquisa sobre cocaína. Durante um tempo, tornou-se um defensor dessa droga, e, por sua causa, um amigo descobriu a utilidade dela na cirurgia oftálmica. Em 1885, Freud passou seis breves, mas importantes meses em Paris, onde foi influenciado por Jean Charcot, à época um dos maiores neuropatologistas franceses, então interessado em estudar a histeria, uma doença psicológica, análoga à atual anorexia nervosa, pois cria sintomas graves sem uma causa definida, nem física, nem hereditária. Acreditava-se de modo geral que a histeria era uma

---

doença unicamente do sexo feminino, embora Charcot pensasse de outra maneira. De volta a Viena, Freud proferiu uma conferência sobre histeria masculina, que teve a oposição de vários colegas. Theodor Meynert, um conhecido psiquiatra, excluiu Freud de seu laboratório de anatomia cerebral. “Retirei-me da vida acadêmica”, escreveu Freud mais tarde, “e deixei de freqüentar as sociedades profissionais.”

Como neuropatologista, Freud tentara usar em sua clínica particular métodos comumente recomendados, tais quais massagens e eletroterapia, e os estágios iniciais da psicanálise refletem seu desapontamento, bem como seus esforços iniciais para encontrar uma explicação nova e mais abrangente para as desordens “nervosas”. Ao usar o hipnotismo, com Josef Breuer, um conhecido generalista e pesquisador, Freud explorou o caso de histeria de uma jovem conhecida por Anna O., publicando, em 1895, *Estudos sobre a Histeria*. Com o uso da técnica de Breuer da “ab-reação” — a descarga emocional que alivia o conflito intrapsíquico — Freud reconheceu que os sintomas poderiam ser causados pelo conteúdo sexual de fantasias reprimidas.

Ao partir desse conhecimento, Freud desenvolveu, no final da década de 1880, a noção fundamental de que o comportamento neurótico relaciona-se a uma defesa psicológica contra idéias inaceitáveis. Com o tempo, criou uma série de possíveis teorias que colocavam a sexualidade na raiz da neurose e explicavam que a insatisfação com a vida sexual era responsável por sintomas de ansiedade e histeria. Todas essas idéias, incluindo a de que o trauma sexual na infância desenvolvia a neurose, foram aperfeiçoadas mais tarde. Nesse meio-tempo, começou, em torno de 1895, uma amizade quase que apenas epistolar com Wilhelm Fliess, um médico de Berlim, que lhe deu uma oportunidade ímpar para examinar muitos de seus próprios conflitos emocionais e para testar uma série de idéias teóricas. Deste período provém o que ele mais tarde chamaria de “auto-análise”, bem como um importante “Projeto”: colocar a psicologia numa base neurofisiológica. Apesar de essa análise ter sido descrita como um sucesso parcial e o “Projeto” ter sido abandonado, esse foi um período extremamente produtivo. A psicanálise recebeu este nome em 1896.

---



Em 1900, Freud publicou *A Interpretação dos Sonhos*, a conclusão de seu trabalho anterior sobre as psiconeuroses e a saída na direção de uma psicologia geral. A tese principal de Freud, de que os sonhos têm significados decifráveis que se relacionam com o conflito inconsciente, continha uma aplicabilidade universal que ele examinou mais detidamente durante as quatro décadas seguintes. De modo geral, Freud construiu um modelo, enraizado em termos darwinianos e neurológicos, dos impulsos sexuais e agressivos à procura de satisfação. Em 1904 publicou *A Psicopatologia da Vida Cotidiana*, uma análise dos erros de linguagem e de outros erros de motivação psicológica. Um ano depois, publicou seu *Três Ensaios sobre a Sexualidade*, que deu uma visão inédita do desenvolvimento emocional, em que os conflitos adultos são ligados à nova noção de sexualidade infantil e o que veio a ser chamado de conflito de Édipo. A descoberta do forte relacionamento entre o corpo e o crescimento emocional e cognitivo é uma das conclusões mais significativas de Freud.

A psicanálise como teoria foi um tremendo sucesso, apesar das críticas, e sua larga influência logo se fez sentir. Não sendo somente um tratamento das doenças mentais neuróticas, a psicanálise revela o porquê do modo de falar, dá uma explicação dos detalhes e do significado geral dos costumes e dos rituais, iluminando a motivação infantil por trás das crenças comumente aceitas. O reconhecimento da existência de sentimentos e de fantasias sexuais e de agressão nas crianças por fim levou a mudanças, adotadas com frequência, mas de maneira difusa, nas técnicas de criação e educação infantil e na maneira, completamente nova, de entender a criança.

Como método de tratamento, a psicanálise é muito mais difícil de avaliar, pois desde o começo faltou-lhe um critério confiável — ou desejável — para a cura, tal como pode ser encontrado na medicina para doenças específicas. Entretanto, o caráter robusto da teoria era evidente pela maneira com que Freud e os outros analistas — que começaram a aderir ao “movimento” depois de 1900 — desenvolveram uma variedade de técnicas e conceitos duráveis para poder manter a situação psicanalítica ou “falar de cura”. É a *livre associação* à regra básica pela qual o paciente era solicitado a verbalizar tudo que lhe vinha à mente; o analista, em contraste,

---

normalmente se mantinha em silêncio, à exceção de algumas interpretações cuidadosamente dosadas. A *resistência*, expressa por uma série de maneiras, impedia o tratamento, mas tornava-se inevitável no *trabalho de atravessamento* dos conflitos dos pacientes, chegando-se assim a um entendimento do eu e dos conflitos emocionais, de melhor textura, com um maior número de nuances e mais honesto. Talvez o conceito analítico realmente importante seja a *transferência*, pela qual Freud se referia aos sentimentos de ligação suave e de agressão que o paciente experimenta com relação ao analista — em princípio, por nenhuma razão.<sup>7</sup> A psicanálise pode fornecer, como nenhuma outra teoria psicológica, investigações razoáveis através da linguagem, das minúcias das fantasias e das sutilezas da experiência emocional.

Durante as primeiras décadas do século XX, a teoria de Freud desenvolveu-se em diversas direções, tanto clínica quanto teoricamente. Um número expressivo de escolas de análise apareceu, baseado em novas hipóteses (como o “trauma do nascimento”, de Otto Rank) ou na rejeição de algumas partes da teoria em desenvolvimento. No final da década de 1920, a psicanálise clínica mudou de ênfase, deixando de expor os conflitos reprimidos dos pacientes e privilegiando o exame dos seus meios de defesa psíquica. Freud introduziu, em lugar de uma “topografia” do inconsciente e do consciente, uma divisão um pouco vaga da mente, em três partes, definidas por sua função. Na teoria estrutural de Freud, um *id* infantil e não diferenciado evolve um *ego*, no qual reside a personalidade consciente, bem como o *superego*, que é punitivo. (Esses termos parecem muito técnicos e falham na transmissão de seu significado, do mesmo modo que os físicos, com os termos *trabalho* e *força*, utilizados como tentativa de dar uso científico a termos corriqueiros.) A tarefa da psicanálise transformou-se então, em seus termos mais gerais, na tentativa de modificação da aridez do superego.

---

<sup>7</sup> Um exemplo maravilhoso de transferência é fornecido pela falecida psicanalista Helene Deutsch. Ainda durante seu período de análise com Freud, numa tarde estava olhando uma vitrine perto da casa dele e começou a chorar enquanto pensava: “O que fará agora a pobre esposa do professor?” Ela imaginava que Freud estava prestes a deixar a mulher para se casar com ela.

Os nazistas na Alemanha proibiram a psicanálise, o que — como aconteceu com os físicos — resultou numa importante corrente migratória para os Estados Unidos. Em 1938, depois de os nazistas invadirem a Áustria, Freud finalmente tomou a decisão de partir, mas só conseguiu se retirar com dificuldade. Estabeleceu-se na Inglaterra pouco antes da sua morte, em Londres, em 23 de setembro de 1939.

Muito tem sido escrito e fantasiado sobre a personalidade de Freud, de tal forma que os esforços feitos aqui para descrevê-la resumidamente certamente serão insuficientes. Apesar de ser capaz de se sentir deprimido, Freud era essencialmente equilibrado e cordial. Seus relacionamentos, especialmente com os homens, foram algumas vezes intensos e conflitantes, em parte devido aos seus próprios sentimentos não resolvidos de onipotência. Falava muito bem e era um bom contador de histórias e gostava de contar piadas, tendo até escrito um livro, *Piadas e sua Relação com o Inconsciente*. Viveu uma vida típica de classe média com Martha Bernays, com quem teve cinco filhos, entre os quais Anna, que se tornou uma psicanalista de renome. Em matéria de religião, era um ateu militante. Com os filhos, parecia ser um bom pai, apesar de não ser emocionalmente expansivo, como o foi com suas filhas e com os netos.

A herança deixada por Freud é tão complexa quanto a de CHARLES DARWIN [4] e, do mesmo modo que na biologia, seu pensamento tem sido a razão de muitas disputas acirradas. Apesar de a evidência científica poder ser somada para confirmar ou contradizer as várias hipóteses psicanalíticas, estas ainda não foram aperfeiçoadas, seja pelo progresso da ciência com relação ao cérebro, seja por qualquer melhora passível de ser considerada da vida cotidiana. Os próprios psicanalistas têm grande parcela de culpa pela suspeita antiga por parte de alguns cientistas com relação à sua profissão e à sua teoria. Durante muito tempo, não conseguiram desenvolver um consenso sobre as regras básicas que estariam em equilíbrio com a ciência contemporânea. E, pior, o continuado uso, por alguns de seus mais importantes personagens, da “teoria do instinto” — que tem no momento o mesmo conceito científico do flogístico — e, ainda mais, em escala geral, no uso de um modelo

---





*O Museu Freud em Viena.*

médico da doença, afetou ainda de maneira bem forte seu conceito global. Na década de 1960, o dogmatismo e a desordem nessa área impediram que o físico teórico MURRAY GELL-MANN [45] tentasse fazer com que a teoria analítica ficasse firmemente situada em termos científicos.

Os problemas de avaliar o próprio Freud também aparecem de dentro e de fora dessa profissão idiossincrática. Nos Estados Unidos, toda uma geração de americanos bem educados aprendeu na faculdade que a psicanálise não é científica — conceito ensinado pelos professores de comportamento cujos próprios projetos agora estão desacreditados. Ao mesmo tempo, um dos problemas mais persistentes de Freud foi sempre a tremenda reverência de seus colegas por ele. Baseado num retrato feito no estilo heróico em 1926, K. R. Eissler descreveu Freud como “tendo um rosto inescrutável, sábio e compreensivo do qual os olhos miram com atenção; um rosto que não muda com as trágicas eventualidades deste mundo; um rosto que nunca mais poderá sentir medo e que, apesar da expressão de tristeza, é estranho ao desespero; um rosto controlado, com uma pequena sugestão dos gestos olímpicos que Goethe tanto gostava de mostrar ao mundo”. Esse tipo de enobrecimento não é desconhecido também na ciência — ALBERT EINSTEIN [2] também era descrito em termos semelhantes —, mas é uma atitude não condizente com uma tarefa que tenta descobrir as raízes emocionais de tal extravagância.

---

No final do século XX, o problema mais sério da desmistificação de Freud tornou-se aparente, na medida em que sua influência ultrapassava tanto a dos seus zelosos imitadores quanto a dos seus críticos mais rigorosos. Historiadores e filósofos da ciência que hoje encaram o empreendimento científico com mais humildade do que há uma geração não estão suficientemente convencidos a excluir a psicanálise.<sup>8</sup> Sempre se poderá dizer que Freud não era um cientista — FRANCIS CRICK [33] acredita que ele apenas “escrevia bem” e Peter Medawar chamou a psicanálise de “a mais estupenda vigarice intelectual do século 20”. Mas, como indica Robert Holt, “não seria nenhum truque para um patologista encontrar frases nos trabalhos de RUDOLF VIRCHOW [17] que são falsos, pelos padrões atuais, ou para um fisiologista fazer picadinho de CLAUDE BERNARD” [13]. O conteúdo emocionalmente provocante dos trabalhos de Freud determinou muito de sua vulnerabilidade.

Se não tivesse dado frutos, a influência de Freud deveria logicamente ter diminuído, meio século depois de sua morte; porém, muito semelhante à teoria copernicana, os conceitos psicoanalíticos em vez disso continuaram a se desenvolver. Mas não se podem ler os teóricos das relações com os objetos, tal como W. R. D. Fairbairn, sem reconhecer que a teoria freudiana pode ser tratada de uma maneira científica; e é difícil negar o valor das teorias de desenvolvimento de Margaret Mahler e de René Spitz, entre muitos outros. O impacto geral provocado por Freud continuou a se espalhar, e a magnitude de sua influência na cultura euro-americana explica seu lugar neste volume. “É comum”, escreve Peter Gay, “que todos falem da mesma maneira que Freud, hoje, quer o reconheçamos ou não.”

As propostas da psicanálise podem ser negadas, do mesmo modo que milhões de pessoas continuam a rejeitar a evolução das espécies e a descendência do homem. Mas tal negligência, forçada pela vontade, não pertence à ciência.

---

<sup>8</sup> A literatura sobre Freud e sobre a psicanálise é extensa, e vários trabalhos recentes merecem menção. O excepcional *Freud*, de Peter Gay, é o retrato mais bem equilibrado publicado. Uma discussão bem fundamentada do *status* científico da psicanálise se encontra no livro de Robert R. Holt, *Freud Revisto*. Os que preferem ver Freud como um pseudocientista, apesar de muito influente, serão encorajados pela leitura de *Fraude Freudiana*, de E. Fuller Torrey.

“Sigmund Freud”, escreveu o físico Eugene Wigner, ganhador do Prêmio Nobel, “era decididamente um gênio. Sozinho, criou uma nova ciência — e quantos já fizeram isso?”





## Galileo Galilei

### & a Nova Ciência

(1564 – 1642)

Galileo permanece como um dos antigos personagens científicos mais fascinantes, e sua vida e obra já inspiraram uma multidão de historiadores e críticos. Suas realizações são inúmeras. Estabeleceu os fundamentos da mecânica clássica, e sua descrição do céu noturno por meio de uma luneta lançou as bases da astronomia física. Mas talvez mais significativo é ser Galileo o exemplo de uma nova dimensão científica. Por sua retórica e pela força de sua personalidade, alicerçada no racionalismo matemático, ajudou a estabelecer o modelo copernicano do sistema solar como uma revolução da ciência. Plenamente imbuído das implicações filosóficas e das novas

---

descobertas, em nada surpreende ter também se tornado uma controvertida figura, bastante conhecida em sua época, constituindo-se num embaraço para o dogma e a autoridade da Igreja Católica. Os críticos vêm debatendo há tempos a natureza de seu espírito de pesquisa científica; mas a influência de Galileo, em termos históricos, é enorme.

Galileo Galilei nasceu em Pisa, na Itália, no dia 15 de fevereiro de 1564, filho de Vincenzio Galilei, músico e comerciante, e de Giulia Ammannati. (A repetição do sobrenome no primeiro nome era um costume toscano.) Quando ainda criança, sua família, que não era rica, mudou-se para Florença, e lá Galileo cursou o colégio do convento jesuíta; após ter se tornado um noviço com 15 anos, viu-se forçado pelo pai a se retirar. Em 1581, entrou para a Universidade de Pisa, planejando estudar medicina, mas não gostou, adquirindo fama de discordar de tudo. Logo transferiu seus interesses para a matemática e, depois de deixar a universidade em 1585, sem um diploma, retornou a Florença para ser professor. Em 1592, depois da morte do pai, mudou-se para Pádua, onde passou a lecionar, mantendo sua conduta intelectual; entre outras atividades, inventou uma bússola militar. Vivia bem e possuía uma amante, Marina Gabba, e, para desespero de sua velha mãe, teve vários filhos ilegítimos.

O primeiro trabalho expressivo de Galileo, o *De motu*, trata da dinâmica do movimento e reflete seu ceticismo com relação aos princípios reinantes da ciência escolástica, então se desmoronando. De acordo com Aristóteles, um objeto em movimento necessita de algo que o mova constantemente; entendia-se que uma bola, por exemplo, seria movida pelo ar que a empurra por trás. Este, um ponto vulnerável da física aristoteliana, tornou-se um dos primeiros focos de interesse para ele. Provavelmente, Galileo foi influenciado pelos engenheiros de balística, alguns dos quais já haviam percebido que a bala que se move parece ser puxada para baixo em direção ao solo. Reconheceu a importância de tais observações e, experimentando ele próprio com uma bola caindo de uma mesa, formulou uma lei geral: os projéteis fazem um caminho curvo ao cair. E, como matemático profundamente influenciado por ARQUIMEDES [100], resumiu tal descoberta numa fórmula matemática simples, descrita

---

pela primeira vez em carta datada de 1604. (Erros nos cálculos de Galileo deram margem a considerável especulação entre os filósofos da ciência com relação à intenção da sua linha de raciocínio.)

Uma nova e importante fase na carreira de Galileo começou em 1609, quando soube da invenção do telescópio. Construiu o seu próprio modelo, que trazia os objetos até a mil vezes mais perto do que apareciam a olho nu, e então mirou a Lua. Apesar de os corpos celestes até então terem uma forma perfeita, de acordo com a velha ciência do cosmo, Galileo descobriu que o satélite da Terra era cheio de crateras. Viu picos e vales e o que imaginou serem mares. Olhando ainda mais longe no céu noturno, descobriu que a Via Láctea era constituída, ou pelo menos assim parecia, de uma infinidade de estrelas nunca antes vistas.

Na verdade, a publicação em 1610 do *Siderus Nunicus* (*O Mensageiro das Estrelas*) causou sensação; e o historiador J. R. Ravetz referiu-se ao pequeno livro como “talvez o maior clássico de ciência popular jamais escrito e também uma obra-prima de propaganda sutil para o sistema copernicano”. Sábios de todas as facções compraram e leram o *Siderus Nunicus* e, em cinco anos, existia até uma edição em chinês, traduzida por um jesuíta. Talvez a descoberta mais intrigante e excepcional feita por Galileo tenham sido os quatro objetos que pareciam circular (mudando de posição noite após noite) em torno do conhecido planeta Júpiter. Para Galileo, eram, sem dúvida, satélites e se pareciam com o sistema copernicano em miniatura.

O sucesso do *Siderus Nunicus* levou Galileo para o caminho de outras descobertas e até para uma rota de colisão com a Igreja Católica. Entretanto, ele havia, antes de mais nada, se tornado um homem famoso, e na audiência com o Papa, em 1611, este foi amistoso e encorajador. Logo adquiriu um protetor poderoso que havia sido seu aluno, Cosme II, o grão-duque de Toscana, que o nomeou matemático e filósofo chefe daquele ducado. Em 1612, em seu *Discurso sobre os Corpos Flutuantes*, estabeleceu a hidrostática e, no ano seguinte, publicou uma série de cartas em que discutia suas observações acerca das manchas solares. Nestas, Galileo explicitamente aprovava COPÉRNICO [10] e fez uma primeira formulação do princípio da inércia. A essa altura, já havia provocado a ira das



autoridades eclesiásticas. Quando em 1616 visitou Roma, Galileo foi instado a deixar de ensinar os pontos de vista heliocêntricos de Copérnico, contra os quais um decreto formal fora promulgado. Galileo não foi acusado de heresia, entretanto, e pode ter feito uma avaliação essencialmente otimista da situação. Os documentos históricos são ainda uma fonte de constante debate.

Quando em 1623 Galileo publicou *O Avaliador*, um trabalho polêmico sobre a natureza dos cometas, dedicou-o ao novo papa Urbano VIII (seu amigo Mafeo Barberini), que lhe havia oferecido suporte. Galileo esperou que fosse anulado o decreto de 1616. Mas, com a morte de seu protetor Cosme II, Galileo tornara-se mais vulnerável do que antes; além do mais, as mensagens controversas que seu velho amigo Barberini passou a lhe enviar mostravam um papa mais preocupado com a ação militar do que com as artes científicas.<sup>9</sup> Entretanto, tendo obtido permissão para discutir os sistemas do mundo desde que chegasse às conclusões corretas, Galileo escreveu o *Diálogo Relativo aos Dois Sistemas Principais do Mundo*, publicado em 1632. Neste trabalho, uma obra-prima da ciência, é difícil não perceber a forte identidade de Galileo com seu pai, autor do semelhante *Diálogo sobre a Música Moderna e Antiga*. Psicologicamente, este fato provavelmente impediu Galileo de perceber a gravidade do que havia feito.

Apesar do grande sucesso, quando publicado em março de 1633, em seis meses o inquisidor apareceu. O *Diálogo* foi proibido, e Galileo foi logo chamado mais uma vez a Roma, onde ficou oficialmente preso. A famosa audiência de Galileo com o papa Urbano VIII e seu interrogatório pelo inquisidor sempre foram objeto de muita discussão durante todos esses anos. O ponto principal era a desobediência de Galileo às restrições de 1616. Ele foi criticado por sua covardia em relação a esses julgamentos; na verdade, era um prisioneiro político, velho e enfermo, literalmente ameaçado com tortura, numa época em que os hereges eram comumente e, com grande fanfarra, queimados em praça pública. No final, a Igreja proibiu e mandou queimar os *Diálogos*, colocou

---

<sup>9</sup> Há alguns anos o estudioso Pietro Redondi encontrou documentos no Vaticano sugerindo ter sido um jesuíta, Orazio Grassi, a quem Galileo havia ridicularizado em *O Avaliador*, o responsável pelo julgamento que se seguiu.

Galileo em desgraça num grande espetáculo público e recusou-se a transformá-lo em mártir, pois foi aprisionado em circunstâncias razoavelmente toleráveis.

Como testamento do poder pessoal de Galileo, a condenação da Igreja não o liquidou. Seu livro *Discurso sobre Duas Novas Ciências*, publicado em 1634, repetia as experiências sobre os princípios da mecânica. Em 1637 fez a última descoberta científica: a oscilação da Lua. Apesar de o *Diálogo* ter sido proibido, foi logo divulgado por toda a Europa protestante. Galileo foi visitado pelo poeta John Milton e pelo filósofo Thomas Hobbes. Suas derradeiras cartas onde professa sua fé na física de Aristóteles dão hoje a impressão de pura ironia. Galileo ficou cego, aparentemente de catarata, e morreu em 9 de janeiro de 1642.

Três séculos e meio após sua morte, o papa João Paulo II, que foi arcebispo de Cracóvia e gostava de se chamar de “Cônego de Copérnico”, admitiu, em nome da Igreja Católica, que Galileo havia sido injustiçado. Tal admissão, feita em 1992, que parece obedecer a uma motivação de relações públicas, recebeu uma ótima manchete no *New York Times*: “Depois de 350 anos, o Vaticano diz que Galileo estava certo: a Terra se move.” Três anos antes, em outubro de 1989, *Galileo*, uma sonda espacial, foi lançada da nave *Atlantis* e chegou em 1995 a Júpiter, cujas quatro luas Galileo viu há 385 anos.

Como grande figura tradicional da ciência, seu trabalho integrou-se com o de ISAAC NEWTON [1]. Entretanto, a real influência de Galileo vem sendo o escopo de muitos trabalhos escolásticos nas gerações passadas. Em 1939, Alexandre Koyré descreveu a importância de Galileo para a ciência como primariamente conceitual e filosófica e acentuou a ênfase de suas experiências. Isso gerou muito interesse e debate e levou Stillman Drake a uma reavaliação cuidadosa das notas e manuscritos de Galileo. Concluiu que “uma imagem coerente emerge dele (Galileo) como a de um cientista físico reconhecidamente moderno”. Suas investigações do fenômeno gravitacional foram pioneiras. De qualquer modo, Galileo permanece, junto com JOANNES KEPLER [9], como o personagem mais significativo da revolução científica anterior a Newton.



## Antoine Laurent Lavoisier

### & a Revolução na Química

(1743 – 1794)

Antoine Lavoisier foi o fundador da química moderna, e tanto seu trabalho quanto seu destino refletem a revolução no pensamento e no cotidiano da vida na Europa no final do século XVIII. Entre muitas outras realizações, explicou como o processo de combustão necessita do oxigênio; desenvolveu o conceito do elemento como substância básica e chegou ao princípio da conservação da matéria nas reações químicas. Seu *Traité Élémentaire de Chimie*, em que ele fez para a química “o que Newton havia feito para a mecânica um século atrás com o *Principia*”, como observou Douglas McKie, foi fundamental para o crescimento da indústria. Do mesmo modo que

---



os outros grandes fundadores da ciência, Lavoisier reconheceu a importância da análise quantitativa, despendendo grandes somas de dinheiro em instrumentos de precisão. Em 1793, durante os amargos dias da Revolução Francesa — já no terror — os *bonnets rouges* vieram prendê-lo; conta-se que o encontraram fazendo uma experiência com respiração e perspiração, usando um assistente enrolado num saco de seda com somente um buraco para respirar. Lavoisier foi julgado e guilhotinado.

Antoine Laurent Lavoisier, filho mais velho de Jean-Antoine Lavoisier, um advogado, e de Émilie Punctis, nasceu em 26 de agosto de 1743. Sua mãe, de família rica, morreu em 1746, e Antoine foi, daí por diante, criado por uma tia, Clémence Punctis, que o adorava. Cresceu em Paris e freqüentou por nove anos o prestigiado colégio Mazarin, famoso por seus cursos de ciências. Mas também estudou advocacia e formou-se em jurisprudência em 1763. Seu aprendizado jurídico teve uma influência muito importante em suas habilidades retóricas, que eram consideráveis, e tornou-o um cético com relação às teorias científicas contemporâneas. Além disso, possuía grande ambição pessoal.

Ainda cursando o colégio, Lavoisier interessou-se por ciência, aprendeu botânica básica no Jardin du Roi e, por volta de 1762, começou a assistir às conferências sobre química ministradas por Guillaume-François Rouelle. Também estudou em outras fontes, entre as quais o artigo sobre química da enciclopédia de Diderot, preparado sob a influência do *Principia*, de Newton. Em 1763, Lavoisier acompanhou o geólogo Jean-Etienne Guettard, um amigo íntimo de sua família, numa longa viagem através da França, com a missão de catalogar minerais. Essa investigação dos recursos naturais franceses refletia a apreensão daquela monarquia quanto ao nascimento da revolução industrial na Inglaterra. Na verdade, toda a carreira de Lavoisier, até sua morte, sempre esteve intimamente ligada com as fundações da indústria e do capitalismo e com a desintegração da velha ordem na França.

Em 1765, Lavoisier apresentou um relatório à Academia Francesa sobre a natureza da gipsita, então utilizada para fazer o gesso de Paris; no ano seguinte, recebeu uma medalha de ouro da Academia Francesa por um estudo teórico sobre a melhor maneira de iluminar as ruas

---

parisienses. Por essa época, também se tornou independente financeiramente ao receber uma grande herança e passar a acionista de Ferme Générale, uma companhia particular que coletava impostos para o rei. Os *fermiers* eram detestados devido aos abusos e à corrupção que praticavam; apesar de ser politicamente um liberal, Lavoisier sofreria mais tarde, em decorrência dessa associação. Em 1771 casou-se com Marie-Anne-Pierrette Paulze, uma moça de 14 anos e que veio a ser sua assistente laboratorial, ilustradora de seus trabalhos e tradutora de artigos escritos por cientistas ingleses. Bem conhecidos na sociedade dos intelectuais franceses, tiveram um casamento feliz, mas sem filhos. Jacques Louis David pintou um famoso retrato dos dois.

Admitido formalmente na Academia Francesa em 1768, Lavoisier, durante as duas décadas seguintes, executou numerosos estudos sobre grande variedade de assuntos, entre os quais o problema da adulteração dos alimentos, a natureza do magnetismo animal e a condição das prisões. Como funcionam as tinturas, como enferrujam os metais, como a água pode ser armazenada a bordo dos navios em viagens longas e como a fabricação do vidro poderia ser melhorada são alguns dos quase 200 relatórios concluídos por Lavoisier durante o quarto de século que se seguiu. Em 1775, nomeado para a Comissão da Pólvora, mudou-se para o Arsenal, perto da Bastilha, onde instalou um sofisticado laboratório.

A extensão do gênio científico de Lavoisier e sua forte ligação com o social ficam evidentes pelos estudos práticos que realizou, como o da potabilidade da água parisiense. Solicitado a estabelecer se a água, trazida a Paris por um canal aberto, era de pureza aceitável, fez uma análise por meio da evaporação e do exame do conteúdo sólido remanescente. Lavoisier reconhecia que a água poderia conter impurezas e, portanto, via-se forçado a contestar a teoria de que a água podia ser simplesmente “transmudada” em terra. Em 1772, Lavoisier sugeriu que toda a matéria possuía três estados possíveis: sólido, líquido e gasoso. Pelo reconhecimento da importância do estado gasoso, o que implicava a conservação da matéria nas reações químicas, Lavoisier apontou um interessante elemento teórico de investigação.

A descoberta mais significativa e famosa de Lavoisier, o novo conceito de combustão, teve como consequência a descoberta do

---

oxigênio. No alvorecer do século XVII, o *flogístico*, uma substância hipotética, havia sido proposto para explicar como as substâncias se queimam e, mais tarde, foi invocado na interpretação de muitas reações químicas diferentes. Tido como um componente básico de todos os inflamáveis, supunha-se ser emitido pela fumaça e pela chama durante a combustão. O carvão, por exemplo, era considerado como composto principalmente de flogístico, colocado no mineral durante sua purificação. Provas contraditórias, como o fato de os metais ganharem peso com a oxidação quando queimados, foram ignoradas.

Em 1772, após realizar experiências com enxofre, fósforo e outros produtos químicos, Lavoisier ofereceu, numa nota entregue à Academia Francesa para estabelecer sua prioridade, uma nova hipótese: a de que a combustão, ao contrário de emitir o flogístico, absorvia o ar e necessitava dele para seu processo. Hipótese incorreta, porém Lavoisier naquele momento apenas investigava a quantidade considerável de trabalhos executados por outros químicos (a maioria britânicos) sobre os vários “ares”. E eles já haviam descoberto substâncias (hoje identificadas assim) como monóxido de carbono, nitrogênio e cloreto de hidrogênio. Lavoisier escreveu, em 1773, que planejava repetir experiências anteriores “para poder ligar nosso entendimento do ar, que entra na combustão ou é liberado das substâncias, com outros conhecimentos adquiridos para poder formar uma teoria”. Em 1774, o resultado dessas pesquisas foi publicado sob o título de *Opuscules physiques et chimiques*.

Lavoisier chegou ao oxigênio em 1778, depois de mais de quatro anos de experiências e com a ajuda dos trabalhos de Joseph Priestley, que havia reconhecido as propriedades especiais do “ar deflogisticado”, produzido pelo aquecimento de óxido de mercúrio. Enquanto Priestley não abandonava a teoria do flogístico, Lavoisier conseguiu identificar “a parte mais saudável e pura do ar” como sendo o oxigênio.<sup>10</sup> O contexto do trabalho de Lavoisier foi a interpretação

---

<sup>10</sup> Lavoisier não registrou o crédito a Priestley por seu trabalho sobre o oxigênio, mas nem isso, nem a cuidadosa anotação de prioridade, nem a disputa sobre a descoberta da água devem dar a impressão de um cientista solitário e ciumento. Frederic Lawrence Holmes mostrou que “uma fonte importante do sucesso de Lavoisier era sua capacidade de atuar em colaborações criativas”. Um desses colaboradores foi PIERRE SIMON DE LAPLACE [29].



da acidez; porque era encontrada em certos ácidos, chamou a substância de oxigênio, que significa “formador de ácido”. A denominação permaneceu apesar de não corresponder à realidade. Mais importante ainda, Lavoisier reconheceu que o oxigênio reagia com os metais para formar óxidos e, com não-metais, para formar ácidos. Metal em processo de ficar enferrujado, matéria vegetal ou animal em decomposição e a combustão da madeira são alguns exemplos de oxidação. E, como mostrou Lavoisier, a combustão é um processo químico básico da respiração, em que o oxigênio do ar é absorvido, e o dióxido de carbono, ejetado.

Lavoisier também é creditado como o descobridor da composição da água. Essa descoberta está presa às reivindicações de prioridade feitas pelos cientistas britânicos Joseph Priestley, Henry Cavendish e James Watt — que perceberam como o oxigênio e o hidrogênio podiam ser transformados numa espécie de neblina se uma centelha elétrica fizesse com que combinassem. A neblina parecia ser, e era, nada mais do que água, e Lavoisier foi o primeiro a identificar corretamente seus elementos.

Fica evidente, pelo que foi dito, que Lavoisier tinha em mente um programa global, altamente ambicioso, e encarava suas descobertas como estabelecedoras de um campo completamente novo da ciência. Reconheceu a importância da retórica e, para chegar a seus objetivos, editou uma revista, os *Annales de Chimique*, publicada ainda hoje. Em seu trabalho *Méthode de nomenclature chimique*, publicado em 1787, criou um sistema para dar nomes aos produtos químicos que lembrava as propriedades importantes ou seus constituintes e inventou um sistema de símbolos. Apesar da oposição inicial dos cientistas britânicos e alemães, esse sistema sobreviveu, com muito poucas mudanças, até os dias atuais.

Em 1789, o livro de Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, propunha princípios básicos e uma teoria de como os compostos químicos são formados a partir dos elementos. Mais importante porém foi seu postulado sobre a conservação da matéria durante as reações químicas, tornando o *Traité* um trabalho moderno, bem como seus pontos de vista sobre a ciência: “Não devemos confiar em nada, exceto nos fatos; estes nos são apresentados pela Natureza e não podem enganar. Devemos, em cada caso, submeter nosso

---

raciocínio ao teste da experiência...” Lavoisier, ao mesmo tempo, reconheceu os limites impostos pelos instrumentos e pelas técnicas. Não propôs que os elementos, por exemplo, fossem eternamente considerados substâncias simples, mas sim que não podiam ser mais divididos “no estado atual de nosso conhecimento”.

Lavoisier teria expandido o *Traité*, que é relativamente curto e fácil de ler, se não fosse a Revolução Francesa. Apesar de ser um personagem do Renascimento, que apoiava os objetivos iniciais da Revolução, ele havia, sem dúvida, lucrado com o velho regime, como *fermier général* e, além disso, durante o Terror de 1793, seu inimigo Jean-Paul Marat subiu por breve tempo ao poder. Lavoisier foi preso no final daquele ano e julgado na primavera seguinte, juntamente com outros 30 coletores de impostos. Foi julgado culpado e, quando suas realizações científicas foram trazidas ao conhecimento da Corte, Judge Coffinhal (que foi mais tarde também guillotinado) retrucou: “A República não tem necessidade de cientistas.” Esse comentário, de acordo com George B. Kauffman, é apócrifo. Mas, depois de Antoine Lavoisier ser executado em 8 de maio de 1794, o matemático Joseph Louis de Lagrange realmente declarou: “Num mero instante, aquela cabeça foi cortada; entretanto, outros cem anos podem não produzir outra igual.”



## Johannes Kepler & o Movimento dos Planetas

(1571 – 1630)

A Johannes Kepler se devem as leis do movimento dos planetas e o início da mecânica celeste. Ele é o personagem principal e crucial da revolução na astronomia ocorrida no começo do século XVII, quando o universo heliocêntrico proposto por Copérnico, meio século antes, foi confirmado pela retórica e pelas descobertas de Galileo. Apesar de muito religioso — um luterano que vivia em meio à Reforma e à Contra-Reforma — e desejoso de celebrar a glória de Deus na astronomia, sua ligação mística com harmonia era balanceada pelo compromisso da observação. Kepler possuía a habilidade de abandonar as hipóteses que eram falhas para abraçar com firmeza

---

as leis matemáticas. “Confirmei como verdade no âmago de minha alma” — escreveu sobre a maneira com que via o sistema solar — “e contemplo sua beleza com um prazer incrível e arrebatador.”

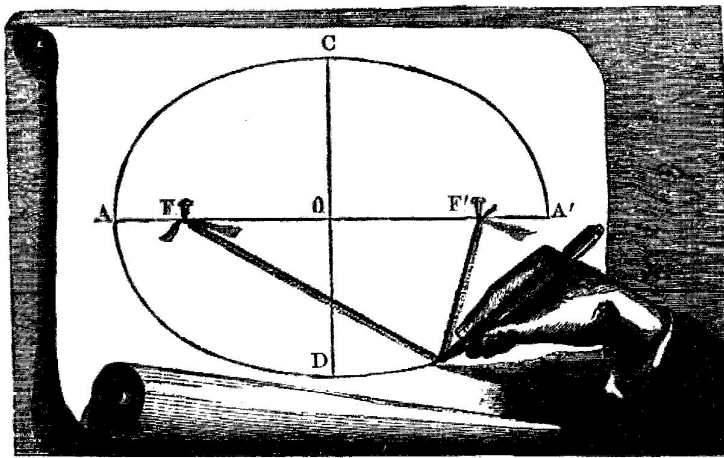
Johannes Kepler nasceu em Weil, uma cidade situada no antigo Estado alemão de Württemberg, em 27 de dezembro de 1571. Seu pai era soldado e uma pessoa excêntrica; o próprio Kepler era doentio quando criança e hipocondríaco quando adulto. Coursou a Universidade de Tübingen, sendo um dos discípulos de Michael Mästlin, um copernicano assumido. Inicialmente, Kepler pretendia tornar-se teólogo, mas, depois de se formar em 1591, aceitou uma posição como professor em Graz, uma cidade no Estado de Styria, no Império austríaco. Como professor de matemática e de moral, foi malsucedido, tendo poucos alunos; usava seu tempo livre para fazer horóscopos — acreditava em astrologia, porém com credibilidade decrescente — e para estudar astronomia.

Em 1597, Kepler publicou *Mysterium Cosmographicum*, em que concorda com o ponto de vista de Copérnico, de um cosmo heliocêntrico. Basicamente, Kepler usou as idéias de Pitágoras sobre a noção de um universo centrado no Sol, levando a sério o *status* ontológico especial que os antigos gregos davam à matemática. (“Tudo são números”, assim teria dito Pitágoras.) Kepler tentou mostrar que as órbitas dos seis planetas conhecidos eram mantidas separadas pelos cinco sólidos geométricos que os antigos gregos haviam descoberto. Dentro da esfera celestial de Saturno, por exemplo, estava um cubo; na de Mercúrio, um octaedro. Não surpreende que Galileu, para quem Kepler enviou um exemplar de seu livro, tenha respondido com uma carta amigável, mas essencialmente cautelosa.

Em 1600, para evitar uma possível perseguição por ser luterano, durante a Contra-Reforma, Kepler mudou-se para Praga, onde trabalhou como assistente do grande astrônomo TYCHO BRAHE [22]. Os dois tiveram um relacionamento difícil, pois Brahe esperava que as medidas celestiais que fizera durante toda uma vida de trabalho — e que guardava com muito ciúme — dariam o suporte para sua própria teoria sobre o universo. Entretanto, com a morte de Brahe no ano seguinte, Kepler herdou grande número de observações, incluindo dados extraordinários sobre Marte. Ao usar esses dados

---





*A elipse é definida como uma curva fechada com dois focos, a partir dos quais a soma das distâncias para qualquer ponto na curva é igual. Elemento importante no mundo físico, seu significado para o sistema solar foi descoberto por Kepler.*

e tendo o mesmo respeito que Brahe pela precisão, Kepler fez descobertas ultra-importantes nos oito anos seguintes.

O sinal do rompimento de Kepler com a astronomia tradicional aconteceu quando propôs o conceito de força e as leis que explicariam o movimento dos planetas. A astronomia até a era de Copérnico não possuía tal conceito, tendo feito apenas previsões das idas e vindas dos planetas. Kepler, reconhecendo que a órbita de Marte não se enquadrava nessas previsões, *nem* no sistema de Ptolomeu *nem* no de Copérnico, finalmente abandonou o que os dois sistemas mantinham em comum: a velha e filosófica certeza de órbitas perfeitamente circulares. Ao mesmo tempo, refutou a idéia de que os planetas se moviam em velocidades uniformes. Os dados lhe mostravam que todos os planetas movimentavam-se rapidamente quanto mais perto do Sol e, lentamente, quanto mais longe. Por tentativas, Kepler apresentou a lei que governa o movimento planetário. Uma linha imaginária, o vetor radial que vai do Sol a um planeta, cobre áreas iguais em tempos iguais. Isso se tornou conhecido como a Segunda Lei de Kepler.

Ao descobrir a segunda lei dentro do contexto copernicano,

faltava esclarecer a verdadeira forma das órbitas dos planetas. Depois de muito trabalho, Kepler percebeu a vantagem da elipse, uma forma conhecida dos antigos. Enquadrava-se na previsão de um arco com grande precisão e tornou-se a Primeira Lei de Kepler: as órbitas dos planetas são elípticas, com o Sol ocupando um dos focos.

Essas duas leis de Kepler foram explicadas pela primeira vez no livro *Astronomia Nova*, publicado em 1609. Como Galileo, apesar de não ter descoberto a lei geral da gravidade, havia chegado muito perto. Tinha a noção de uma força que agia entre os corpos planetários, proporcional à sua massa, mas sugeriu que seria magnética. O significado principal de *Astronomia Nova*, entretanto, é sua reordenação fundamental das metas e dos métodos em astronomia. A geometria celestial, subordinada à nova física celestial, operava com leis que podiam ser descobertas e entendidas.

Em 1619, Kepler publicou *Harmonice Mundi* (*Harmonia do Mundo*), que considerava sua obra-prima. Repleto de ilustrações e de exemplos musicais — a cada planeta foi designada sua própria gama de sons —, *Harmonice Mundi* é, por vezes, um trabalho delirante que exemplifica o ponto de vista de Kepler de que as noções de matemática contêm os meios para conhecer o universo e que essa visão do mundo é algo que a humanidade pode partilhar com Deus. Apesar de bastante místico, o livro contém a Terceira Lei de Kepler para o movimento dos planetas — o quadrado do tempo que leva qualquer planeta para dar uma volta em torno do Sol é equivalente à sua distância média ao cubo. Essa lei permite o cálculo das distâncias dos planetas em relação ao Sol enquanto em órbita.

Além de suas obras principais, Kepler foi autor de um tratado sobre ótica, e seu *Epitome Astronomiae* (*Epítome da Astronomia Copernicana*), publicado entre 1619 e 1621, entrou de imediato para a lista dos livros proibidos pela Igreja Católica. Em 1627, foi a vez das tabelas das estrelas conhecidas — as *Tabelas Rudolfinas* — baseadas no trabalho de Brahe, usadas por um século, após terem sido publicadas.

Em todos os aspectos, mesmo com a forma angariada de cientista, a parte final da vida de Kepler na Europa da Contra-Reforma foi difícil. Seus esforços para publicar os dados de Tycho causaram

problemas com a família do astrônomo; além disso, seu salário era sempre pago com impontualidade. Tanto sua mulher quanto seu filho faleceram em 1611, e, no ano seguinte, seu patrono, o imperador Rodolfo, abdicou após uma revolta, deixando seu astrônomo-chefe desempregado. Kepler logo se mudou para Linz, onde trabalhou como matemático; em torno de 1625, foi para Ulm, novamente para escapar à perseguição religiosa. Quando voltou para Praga em 1627, foi recebido com honras e empregado pelo ducado de Sagan como astrólogo. Nessa posição, entregou-se ao ceticismo e, por fim, saiu para procurar novo emprego. Morreu na Bavária em 15 de novembro de 1630.

Um comentário à parte se faz necessário: Johannes Kepler é o único em OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA a mais tarde defender sua mãe de acusações de bruxaria. Apesar de os detalhes serem pouco evidentes, é certo que Katharina, a mãe de Kepler, foi publicamente acusada de bruxaria. Ela iniciou um processo por injúria, mas, durante e após a Reforma, havia grande número de bruxas e muita crença em seus poderes. Um caso muito bem engendrado contra ela: em 1617, Kepler escreveu petições por sua mãe requerendo para seu nome ser limpo, mas, em 1620, ela foi presa, com 74 anos, e carregada de casa numa caixa de linho durante a escuridão. Foi ameaçada de passar pela mesa de tortura antes de ser libertada; morreu em 1622.

Esse episódio e parte dos acontecimentos relativos a ele talvez tenham sido causados, estranhamente, pelo próprio Kepler, ao elaborar um manuscrito que circulou por volta de 1610, no qual descreve o contato de demônios vindos da Lua com sua mãe. O incidente parece ter sido a origem de seu livro póstumo *Somnium* (*Sonho*), uma brilhante alegoria, em parte disfarçada de autobiografia. Kepler imagina uma viagem à Lua, não como uma utopia, mas um mundo de pesadelos, muito quente em alguns lugares, congelada em outros e habitada por uma raça de criaturas com a forma de serpentes, algumas aladas e outras rastejantes.

*Somnium* é testemunho da fertilidade da imaginação científica de Kepler, bem como dos conflitos intelectuais que o afligiam. Kepler não é apenas um personagem central na história da ciência. É, sobretudo, contraditório. Devoto e desejoso de celebrar Deus na

---

astronomia, um luterano que viveu em meio à Reforma e à Contra-Reforma escreveu: “Levo a religião a sério e não brinco com ela.” Entretanto, o efeito de seus trabalhos foi ajudar a derrubar para sempre a autoridade secular da Igreja, seja ela católica ou protestante.

“Kepler foi um dos poucos simplesmente incapazes de fazer algo a não ser ficar abertamente a favor de suas crenças em todos os campos”, escreveu ALBERT EINSTEIN [2], que admirava o homem que se libertou da “tradição intelectual sob a qual havia nascido. Isso significava não meramente a tradição religiosa baseada na autoridade da Igreja, mas os conceitos gerais da Natureza e as limitações da ação dentro das esferas universal e humana, bem como as noções da importância relativa do pensamento e da experiência na ciência”.

---





## Nicolau Copérnico & o Universo Heliocêntrico

(1473 – 1543)

A noção de uma terra estacionária no centro do universo era provada por um sistema matemático inventado pelo brilhante astrônomo grego Ptolomeu. A seu livro, conhecido na Idade Média como *Almagest*, e usado até hoje para descrever o céu noturno, devemos a descrição de várias constelações de estrelas, como as da Ursa Maior. O sistema ptolomaico foi poderoso e convincente por centenas de anos e, mais importante ainda, o eixo de toda uma maneira de olhar o mundo real.<sup>11</sup> Isso era fundamental para poder

---

<sup>11</sup> Ptolomeu foi brilhante, e sua grande influência não pode ser questionada. Somente a limitação do número de páginas impediu sua inclusão neste livro.

explicar a queda dos corpos e o movimento das estrelas e das nuvens, bem como para toda a interpretação teológica da posição dos seres humanos no universo.

Por volta do século XVI, entretanto, com as viagens de descobrimento trazendo provas de um mundo bem mais diversificado e com a autoridade da Igreja romana se enfraquecendo, o sistema de Ptolomeu começou a desmoronar. A publicação póstuma em 1543 do livro *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (*O Giro das Esferas Celestes*) eventualmente causou seu descrédito. “A Terra”, escreveu Copérnico, “carregando com ela a órbita da Lua, passa numa grande órbita entre os outros planetas, num giro anual em torno do Sol.” Apesar de não ter sido um fato consumado por quase um século, a revolução copernicana havia começado.

Nicolau Copérnico nasceu em ambiente próspero em 19 de fevereiro de 1473, em Torun, no reino da Polônia. Seu pai, Niklas Koppernigk, era um mercador, e sua mãe, Barbara Watzenrode, vinha de uma família bem estabelecida e opulenta. Depois da morte do pai, quando tinha 10 anos de idade, Nicolau foi criado por um tio materno, um acadêmico e religioso que em 1479 fora nomeado bispo de Ermland. Nicolau recebeu uma educação exemplar. Em 1491, começou a freqüentar a respeitada Universidade de Cracóvia, então um centro de filosofia natural.

Em 1496, foi para a Universidade de Bolonha, continuando os estudos de grego, matemática, filosofia e astronomia. Por essa época, ficou sob a influência de Domenico Maria da Novara, um professor de astronomia que foi um dos primeiros críticos do sistema ptolomaico; em 9 de março de 1497, os dois assistiram juntos a um eclipse da Lua. Em 1501, Copérnico estudou na Universidade de Pádua e conseguiu um diploma de advogado, em 1503, da Universidade de Ferrara, antes de voltar a Pádua para fazer o curso de medicina.

Por volta de 1506, Copérnico havia completado sua educação — lingüista, matemático e médico — e retornou para a Polônia, onde ficaria até sua morte. Fora eleito cônego em 1497 enquanto estudava no exterior e, depois de servir vários anos como assessor médico de seu tio, quando este morreu, iniciou seus trabalhos como cônego da Catedral de Frauenburg, na recém-estabelecida Prússia Oriental. Essa era uma posição da Igreja sem deveres religiosos, e

---

Copérnico não parece ter tido nenhuma motivação religiosa em sua vida. Trabalhou como administrador geral, juiz, coletor de impostos e médico. Em seu tempo livre era astrônomo e em 1513 construiu uma torre para poder observar as estrelas.

Pouco se sabe sobre a gênese e o desenvolvimento do pensamento de Copérnico; porém, ele fez circular, já em 1514 (ficou inédito até o século XIX), um manuscrito sumário de seus pontos de vista sobre o cosmo, vindo a completar seu trabalho principal em 1530. Ele sempre relutava em editar seus trabalhos, porém uma década depois, quando um admirador, George Joachim Rheticus, escreveu um volume sumário intitulado *Narratio Prima*, que não gerou a animosidade da Igreja — as implicações não eram muito claras —, as objeções de Copérnico podem ter perdido o sentido. *De revolutionibus Orbium Coelestium* foi publicado em Nuremberg em 1543, justo na época de sua morte.

Em *De revolutionibus*, Copérnico questionou, com firmeza e persistência, os argumentos de Ptolomeu sobre uma Terra imóvel. Raciocinando em base física e não se importando com a harmonia, Copérnico derruba a idéia de que a Terra deva estar no centro do Universo. Indica, por exemplo, que as estrelas nem sempre parecem estar à mesma distância da Terra e que os esforços para explicar tais efeitos usando epiciclos — pequenas órbitas circulares — não são satisfatórios, introduzindo complicações estranhas. Sem uma consistente teoria física, Copérnico acabou desenvolvendo uma visão sobre o sistema solar, que é uma mistura de conceitos antigos e modernos. Por desconhecer o moderno conceito da força, por exemplo, ele baseava-se nas esferas celestes e não na noção dos planetas se deslocando em grande velocidade através do espaço.

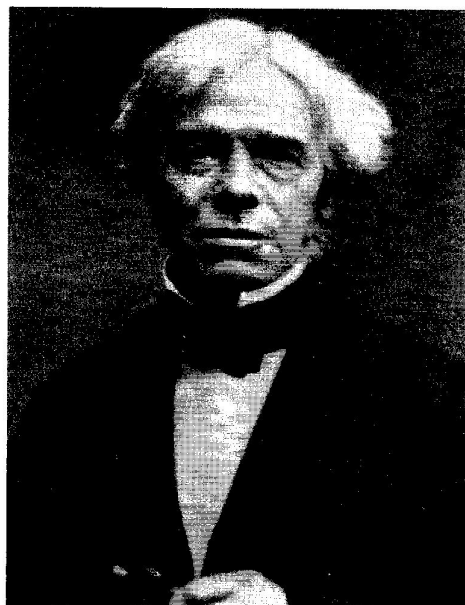
Eventualmente *De Revolutionibus* chegou às mãos dos sábios de toda a Europa. Os primeiros a lerem o livro ficaram, no mínimo, fascinados pelo tratamento matemático, marcando o crescente desencanto com limitações da astronomia de Ptolomeu. A religião não tinha objeções ao livro, pois, durante o período da Reforma protestante, a Igreja Católica tinha “peixes maiores para fritar” — porquanto a Inquisição começara em 1541. Somente em 1616, devido ao sucesso de Galileu, o livro de Copérnico foi proibido pela Igreja.

A “Revolução de Copérnico” é um termo extremamente válido,

apesar de o seu conteúdo real ter sido muito discutido e disputado por dois séculos, desde que foi empregado pela primeira vez por Immanuel Kant. O termo deve ser entendido como se referindo ao abandono, por Copérnico, da astronomia ptolomaica e sua prioridade em desenvolver um modelo heliocêntrico. Mas não fez isso sozinho. Já é consenso há muito tempo, como J. L. E. Dreyer escreveu, que “Copérnico não produziu o que atualmente se indica como o sistema copernicano”. E o historiador científico I. Bernard Cohen conclui: “Se houve uma revolução na astronomia, esta foi kepleriana e newtoniana e de modo algum copernicana.” Tudo isso não tem a intenção de diminuir a influência de Copérnico, mas somente colocar uma perspectiva correta sobre sua efetiva realização. “Pode-se facilmente argumentar que Copérnico não era igual a Ptolomeu ou a Kepler em matemática, apesar de naquela época estar bem acima de seus contemporâneos”, declara Owen Gingerich e continua: “Ainda assim, como visionário sensível que precipitou uma revolução científica, Copérnico permanece como o gênio cosmológico, com poucos podendo se igualar a ele.”

Sobre ele propriamente pouco se sabe. Deixou somente algumas cartas, e sua biografia, que dizem ter sido feita por seu amigo Rheticus, extraviou-se. De acordo com a lenda, Copérnico recebeu a cópia de seu livro no leito de morte. Sofrera um derrame e não podia fazer nenhuma emenda, mas teve a oportunidade de manusear o livro antes de sua morte, ocorrida no dia 24 de maio de 1543. Ainda resta a famosa imagem — um homem honesto e devoto, com as maçãs do rosto salientes e um olhar penetrante — que chegou até nossa época num punhado de retratos pintados. Ele traduziu do grego para o latim cerca de 85 poemas breves do poeta bizantino Theophylactus Simocatta. Algumas dessas *Epistles* são morais, outras pastorais e algumas outras obscenas. Fred Hoyle, o cosmologista do século XX, é grato por estas últimas, pois sem elas — como ele escreveu — “não poderia ouvir Copérnico rir”.





## Michael Faraday & a Teoria Clássica do Campo Eletromagnético

(1791 – 1867)

Michael Faraday situa-se na fronteira da grande transformação da física no século XIX, que acabou por provocar teorias novas e fundamentais sobre a eletricidade, o magnetismo e a luz.

Experimentador consumado, com uma percepção visionária sobre a unidade da Natureza, Faraday foi o primeiro a conceituar o campo eletromagnético, que mais tarde JAMES CLERK MAXWELL [12] quantificaria; o grande número de suas conclusões e realizações lhe garante um lugar proeminente na história da física e da química. Na verdade, lembra até Moisés, o personagem bíblico que levou seu

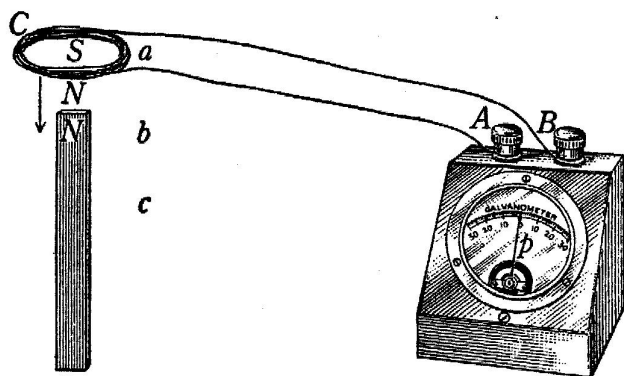
---

povo para a terra prometida, mas que nela não conseguiu entrar; porque, sendo ignorante em matemática, Faraday não podia nem pensar em desenvolver uma teoria quantitativa sofisticada.

A história do início da vida de Michael Faraday tem todos os elementos de um conto de fadas situado na revolução industrial. Nasceu em 22 de setembro de 1791, em Newington Butts, Surrey, que hoje se chama Elephant and Castle, em Londres. Seu pai, James Faraday, um ferreiro doente, quase que não conseguia sustentar a mulher e os quatro filhos. A família era unida e carinhosa, e a educação de Faraday, embora amorosa, era severa. Sua mãe, Margaret Hastwell, foi a figura familiar mais forte e, após a morte do marido, em 1809, a única. Em 1804, com 13 anos de idade e um mínimo de educação, Michael tornou-se garoto de entrega de jornais, trabalhando para um imigrante francês, do qual, mais tarde, foi aprendiz de encadernação de livros. Nos sete anos seguintes, desenvolveu a destreza que fez dele um grande experimentador; durante esse tempo, os livros que encadernava incitaram a curiosidade de seu intelecto. Foi particularmente influenciado pela *Enciclopédia Britânica* e por um texto de auto-ajuda intitulado *The Improvement of the Mind* (A Melhoria da Mente). Em 1810, começou a assistir às conferências locais da City Philosophical Society e, dois anos mais tarde, as da Real Institution, que tinham muito mais prestígio.

Em 1813, Faraday tornou-se assistente de sir Humphry Davy, a quem ele se havia apresentado na Royal Institution, e começou um incomum aprendizado de alta produtividade. Sir Davy, também oriundo de um ambiente pobre, era um dos primeiros cientistas de destaque, também lembrado pela descoberta de como se pode — como o poeta Robert Southey dizia — “ficar alto” com o óxido nítrico. Faraday acompanhou Davy numa viagem para a Europa em 1813, onde conheceu vários cientistas importantes, entre eles, Alessandro Volta, André Ampère e o químico Joseph Gay-Lussac. Logo depois, começou a participar ativamente na pesquisa de Davy, ajudando a desenvolver a lâmpada de segurança para os mineiros e envolvendo-se numa física primitiva sobre baixas temperaturas. Na verdade, apesar de sir Davy ter recebido o crédito em 1823, Faraday conseguiu liquefazer alguns dos gases mais importantes, incluindo

---



*Indução elétrica usando uma barra de magneto.*

o dióxido de carbono e o cloro. Um grande passo, pois não era, até então, muito evidente que o gás pudesse ser mais do que um estado físico único. Dois anos mais tarde, Faraday isolou o benzeno do óleo de baleia, que, 40 anos mais tarde, seria a chave para o desenvolvimento da química orgânica. Trabalhou nas tentativas de melhoramento do vidro usado para fazer lentes, descobrindo o que veio a ser chamado de Efeito Faraday — a rotação do raio de luz quando passa por um campo magnético. Em resumo, as descobertas de Faraday durante a década de 1820 foram realizações extraordinárias e de importância central, e não é de surpreender que tivesse sido eleito membro da Real Sociedade em 1824.

Apesar de os fenômenos elétricos terem interessado os primeiros cientistas do século XVIII e a invenção da bateria simples por Alessandro Volta em 1799 ter sido decisiva, a grande experiência foi a demonstração de Hans Christian Oersted, em 1819, da relação entre eletricidade e magnetismo. Esse fato criou uma onda de atividade durante a década seguinte. Faraday mostrou, em 1821, que um ímã em forma de barra podia ser girado em torno de um fio que conduzisse uma carga elétrica e que, da mesma maneira, um fio suspenso, conduzindo eletricidade, giraria em volta de um ímã fixo. Nove anos mais tarde, em 1830, ao ocupar a cadeira de química que era de Davy, Faraday mudou o foco de seu interesse para a eletricidade e para o magnetismo, fazendo então suas maiores descobertas.

As demonstrações de Faraday, no outono de 1831, sobre a indução eletromagnética “alteraram a história do mundo”, como sugere um artigo recente, tipicamente conservador, “mudando o destino da humanidade”. Tinham a ver com muitas experiências, duas das quais podem ser classificadas como decisivas. Na primeira, em agosto de 1831, Faraday enrolou dois pedaços diferentes de fio em volta de um núcleo de ferro; um dos fios foi passado perto de uma bússola magnética e, quando ligou o outro a uma bateria, a variação resultante da agulha da bússola, como ele escreveu, “continuou por somente um instante”. Mas Faraday havia descoberto o princípio do transformador, e sua estátua na Royal Institution o mostra segurando a bobina de indução com a mão.

Para que uma corrente elétrica de forma continuada pudesse existir — sua segunda experiência —, Faraday reconheceu a necessidade do movimento num campo elétrico, constituído de “tubos de força”, como ele descreveu, conseguindo logo depois desenvolver um gerador de disco. Para tanto, ligou um fio fixo no centro de um disco de cobre e outro, deslizando ao longo da beirada. Ligando os fios a uma pilha e colocando o disco entre as pernas de um ímã do tipo ferradura, conseguiu gerar uma corrente constante. Da forma como, em 1821, mostrou como era possível transformar energia elétrica em energia mecânica, demonstrou então, em 1831, o inverso. Foi a primeira demonstração de um dínamo, ou gerador, que cerca de meio século depois seria o principal meio de fornecer corrente elétrica ao mundo moderno. Faraday continuou e construiu dínamos primitivos e motores para suas experiências. Conta-se que, quando o primeiro-ministro visitou seu laboratório e perguntou qual seria o propósito de um de seus geradores, Faraday respondeu: “Não sei, mas aposto que algum dia seu governo vai colocar um imposto sobre ele.”

A descoberta da indução eletromagnética levou Faraday a fazer uma vasta quantidade de experiências, preparando as bases que serviriam para muitas formas de investigação no magnetismo e na eletricidade. Em 1832, Faraday efetivamente fundou a eletroquímica, um processo em que a corrente elétrica é usada para quebrar os compostos químicos. Desenvolveu então as leis que governam a eletrólise, que têm seu nome, mostrando a ligação fundamental

---



entre a eletricidade e a composição dos elementos. Faraday também desenvolveu, junto com William Whewell, a linguagem básica da eletricidade: *eletrólito*, *elétrodo*, *ânodo*, *catodo*, *íon* e muitos outros termos derivados de suas pesquisas. O trabalho de Faraday, intitulado *Pesquisas Experimentais em Eletricidade*, 1839-1855, foi editado em três volumes e acrescido pelo *Pesquisas Experimentais em Química e Física*, publicado em 1859.

Tão significativas quanto as demonstrações experimentais de Faraday sobre a indução elétrica e as leis da eletrólise são suas contribuições teóricas. Primeiro ele mostrou que os vários tipos de eletricidade, descobertos pela geração anterior — a termoquímica, a eletricidade estática, a eletricidade magnética, a volta-eletricidade —, eram iguais. A partir desse enfoque, percebeu a capacidade de o fenômeno elétrico possibilitar a emersão de um entendimento da unidade fundamental de toda a Natureza. Virtualmente convencido disso, escreveu “que os vários aspectos sob os quais as formas da matéria se manifestam têm uma origem comum: em outras palavras, são tão diretamente relacionadas e naturalmente dependentes, que são conversíveis como tais entre si, possuindo uma equivalência de potência em suas ações”. Sua obra *Pensamentos sobre as Vibrações dos Raios*, datada de 1846, tornou-se a pedra de toque para James Clerk Maxwell desenvolver posteriormente as leis fundamentais do eletromagnetismo.

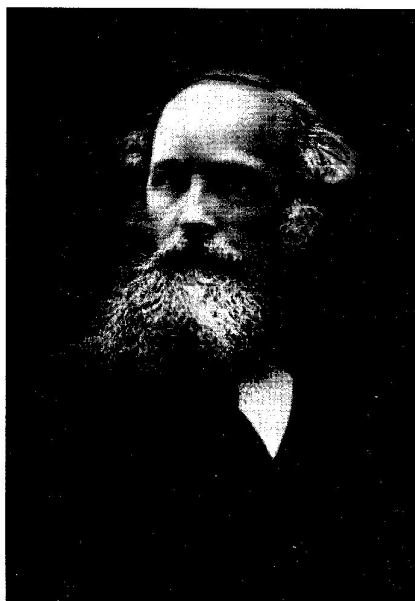
Em 1839, Faraday contraiu uma doença séria — talvez causada por fadiga, apesar de existir uma enorme quantidade de diagnósticos para ela — da qual nunca conseguiu se recuperar inteiramente. Sofria dores de cabeça e, ao envelhecer, passou a apresentar falta de memória. Apesar disso, em seus momentos derradeiros, coberto de honras, tornou-se um consultor muito competente do governo britânico sobre vários assuntos relacionados às ciências e recebeu da rainha Vitória, cujos filhos costumavam assistir às suas conferências anuais de Natal, o direito ao uso gratuito de uma casa (“Grace and Favor Residence”). Tal era seu renome que Lady Lovelace, filha do Lorde Byron, uma vez se ofereceu para copiar suas experiências.

Faraday se casou com Sarah Barnard em 1821. Dizem que ela era agradável, alegre e que gastava seus instintos maternos com suas sobrinhas e com seu marido, pois não teve filhos. Do ponto de vista

---

religioso, Faraday era devoto, pertencendo à seita religiosa dos sandemanianos.

Seu gosto pela simplicidade impossibilitou que fosse enterrado na Abadia de Westminster, perto de Newton e de outros grandes cientistas. Morreu a 25 de agosto de 1867, em Hampton Court, no Middlesex, e foi enterrado no cemitério de Highgate.



## James Clerk Maxwell & o Campo Eletromagnético

(1831 – 1879)

“O acontecimento mais significativo do século XIX”, escreve RICHARD FEYNMAN [52], “será julgado como sendo a descoberta por Maxwell das leis da eletrodinâmica”. De conteúdo matemático, essas leis têm a ver com equações diferenciais complexas, mas sua importância é fácil de perceber: unificam o magnetismo e a eletricidade como uma força única e mensurável. Além disso, sugerem — e isso é altamente relevante — que a luz é assunto desse campo eletromagnético, sendo a parte visível de um espectro muito mais amplo. Por tudo isso, bem como por seu trabalho na dinâmica dos gases, James Clerk Maxwell claramente anteviu, com clareza, a física

---

do século XX. Sua pesquisa levou diretamente a tecnologias associadas com o rádio e a televisão. Foi ele um dos precursores da cibernética. Maxwell é frequentemente colocado lado a lado a Isaac Newton e Albert Einstein, sendo difícil avaliar sua influência.

James Maxwell nasceu em Edimburgo, na Escócia, a 13 de junho de 1831, filho único de John Clerk Maxwell e de Frances Kay. Quando sua mãe morreu de câncer em 1839, James, então com oito anos, exclamou: “Estou tão contente! Agora ela não sentirá mais nenhuma dor.” Seu pai era *laird* (dono de terras), possuindo uma propriedade em Glenlair, Kircudbright; era também advogado e inventor nas horas vagas.

A infância de Maxwell poderia servir de modelo para qualquer futuro cientista. Tinha boas ligações com o pai, memória excepcional e fascinação — que persistiu em toda sua vida — pelos brinquedos mecânicos. Ganhou a medalha de matemática na Academia de Edimburgo em 1841 e logo depois começou a acompanhar o pai nas reuniões da Real Sociedade de Edimburgo. Sua precocidade era tal, que, quando tinha 14 anos de idade, a Sociedade publicou um artigo seu sobre como desenhar elipses usando alfinetes e linha. Depois de frequentar a Universidade de Edimburgo, de 1847 a 1850, Maxwell ingressou, em seguida, no Trinity College e, após se formar em 1854, voltou para ensinar no Marischal College em Aberdeen, na Escócia. Em 1857 estudou os anéis de Saturno, expondo-os tão bem que sua descrição foi corroborada, mais de um século depois, pela sonda espacial *Voyager*.

Em 1860, Maxwell foi para o King's College em Londres, onde viveu a década mais produtiva de sua vida. Formulou, em 1855, a teoria da cor e criou, em 1861, a primeira fotografia colorida — de uma faixa de lã com padrão escocês. Naquele ano, foi eleito para a Real Sociedade e, 10 anos mais tarde, organizou o Laboratório Cavendish, do qual foi seu primeiro diretor.

O trabalho de Maxwell sobre eletromagnetismo é derivado de seu antecessor MICHAEL FARADAY [11] e representa sua quantificação. Nem Faraday nem Lorde Kelvin, contemporâneos de Maxwell, podiam visualizar com clareza como funciona a eletricidade, a menos que trabalhassem com um modelo mecânico qualquer. Nos termos do próprio Faraday, por exemplo, “linhas de força”, seme-



lhantes a tubos, explicam a aparente “ação a distância” dos fenômenos magnéticos. Entretanto, assim como Isaac Newton forneceu equações para explicar a mecânica dos corpos em movimento, Maxwell substituiu o modelo tipo máquina por outro que calculava e predizia os fenômenos elétricos. A eletricidade passou a ser vista não mais como pequenos aparelhos que podiam ser visualizados pela mente.

Já em 1855, Maxwell havia tentado compreender como as idéias de Faraday poderiam tomar forma matemática. Seu famoso artigo *Uma Teoria Dinâmica do Campo Eletromagnético* foi lido, em 1864, para uma platéia da Real Sociedade, em sua maioria perplexa, e trouxe pela primeira vez à luz as equações que embasam as leis fundamentais do eletromagnetismo. Essas leis mostram como uma carga elétrica irradia ondas através do espaço em várias frequências definidas que determinam a posição da carga no espectro eletromagnético — agora entendido como incluindo as ondas de rádio, microondas, ondas infravermelhas, ondas ultravioleta, raios X e raios gama.

Mas, acrescente-se, uma das mais profundas conseqüências que as equações de Maxwell provocaram foi a de estabelecer a velocidade da eletricidade em torno de 300.000km por segundo — bem perto da velocidade da luz, já detectada por outras experiências.<sup>12</sup> “É tão perto daquela da luz”, escreveu Maxwell, “que parece que temos razões bastante fortes para concluir que a própria luz (...) é um distúrbio eletromagnético sob a forma de ondas que se propagam, através do campo eletromagnético, seguindo as leis eletromagnéticas.” O significado completo do trabalho de Maxwell, expandido no *Tratado sobre Eletricidade e Magnetismo*, em 1873, passou quase despercebido, o que aconteceu em grande parte porque ainda não existia o entendimento sobre a natureza atômica do eletromagnetismo.

Durante a década de 1860, Maxwell também estudou o problema de quantificar a composição dos gases e a propriedade física das

---

12. A velocidade da luz havia sido medida pela primeira vez, por volta de 1676, por Olaus Roemer, por meio de extraordinária estimativa, usando os eclipses das luas de Júpiter. Em 1862, Jean Foucault fez uma mensuração mais precisa e mostrou que a velocidade da luz diminuía quando se movia através da água.

moléculas. De modo geral, ele descreve matematicamente o movimento das moléculas de um gás a uma certa temperatura. Maxwell considerou esse problema pela primeira vez na década de 1850, enquanto estudava os anéis de Saturno, e logo outros físicos desenvolveram a doutrina da conservação da energia e da entropia — as leis da termodinâmica. Além disso, uma grande quantidade de material experimental sobre o comportamento dos gases tornou possíveis outros avanços teóricos adicionais. Em 1860, Maxwell teve a idéia de usar a estatística para descrever o comportamento das moléculas dos gases. E em seu artigo de 1867, *Sobre a Teoria Dinâmica dos Gases*, demonstrou que as propriedades dos gases conhecidos correspondiam às previstas pela teoria. Em 1870, Maxwell publicou o livro didático *Teoria do Calor*, teoria que se tornou “a pedra fundamental da visão sobre a matéria no século XIX”, conforme escreveu Ivan Tolstoy, concluindo: “Pode ser dito que, se a teoria de Maxwell sobre o eletromagnetismo dá a verdadeira dimensão de seu gênio, então seu trabalho sobre a teoria molecular é um monumento ao seu profundo entendimento da física.”

Uma contribuição final de Maxwell precisa ser lembrada devido a seu interesse atual. Trata-se do artigo *Sobre os Controladores*, um dos fundamentos da teoria do *feedback*, estabelecido na metade do século XX e muito ligado a Norbert Wiener. Na verdade, a *cibernética* de Wiener — derivada da palavra grega designando piloto — é uma alusão ao termo usado por Maxwell.

James Clerk Maxwell casou-se com Katherine Mary Dewar em 1858. O casal não teve filhos e, apesar de alguns biógrafos declararem que foi uma união exemplar, os colegas de Maxwell não gostavam muito da mulher dele. Dizia-se que não era tão bem-humorada quanto ele e que, nas festas, sempre lhe dizia: “James, você está começando a se divertir; está na hora de irmos embora.” Maxwell não teve a sorte de uma vida muito longa. Morreu da mesma doença de sua mãe, câncer abdominal, em 5 de novembro de 1879, com a idade de 48 anos.

Na época de sua morte, a fama de Maxwell pouco se difundira. Reconhecido como um cientista excepcional, sua teoria sobre o eletromagnetismo ainda não fora definitivamente demonstrada. Por volta de 1880, HERMANN VON HELMHOLTZ [63], um admirador

---

de Maxwell, discutiu a possibilidade de confirmar as equações dele com um estudante, Heinrich Hertz. Em 1888, Hertz realizou uma série de experiências que produziram e mediram as ondas eletromagnéticas e mostraram que se comportavam como a luz. Daí em diante, a fama de Maxwell se espalhou, e, juntamente com o vienense LUDWIG BOLTZMANN [24], pode-se dizer que preparou o caminho para a física do século XX.

---



## Claude Bernard

### & a Criação da Fisiologia Moderna

(1813 – 1878)

Claude Bernard, o fundador da medicina experimental e personagem-chave na história da fisiologia, descobriu, como escreveu um de seus alunos, “como é a respiração”. A importância vital do pâncreas para a digestão, como o fígado regula o açúcar no sangue, como se contrai o sistema nervoso vasomotor e expande os vasos sangüíneos — todas essas descobertas, que constituem fundamentos da medicina moderna, são devidas, antes de tudo, a Bernard. Mas, além disso, sua maior realização, aparentemente, foram as regras básicas da fisiologia que ele conseguiu extrair de dados experimentais. Bernard percebeu que a natureza do organismo é um sistema

---



que se auto-regula; com isso, criou uma estrutura rica para a pesquisa médica. Os conceitos atuais de homeostase, tensão e *feedback* fisiológico envolvem idéias primeiramente enunciadas por Bernard e ainda se mantêm como referência constante. "Sua filosofia", escreve Rosalyn S. Yalow, laureada com o Prêmio Nobel, "fornece a base para a pesquisa interdisciplinar que se tornou cada vez mais importante na ciência moderna, na medida em que os limites entre as várias disciplinas parecem se unir."

Claude Bernard nasceu em 12 de julho de 1813, perto de Saint-Julien, na província do Rhône, região conhecida por seu vinho Beaujolais. Seu pai, Pierre François Bernard, produzia vinho e havia sido diretor de escola; sua mãe, a quem ele adorava, chamava-se Jeanne Saulnier. Claude Bernard cursou uma escola dirigida por jesuítas em Villefranche, perto de sua casa, e por um tempo estudou no Collège de Thoissey, onde não aprendeu ciências e tampouco se distinguiu como aluno. Com a idade de 18 anos, Bernard foi obrigado a sair da escola para ajudar o pai, que se encontrava em dificuldades financeiras, empregando-se como aprendiz de farmácia. Começou logo a querer saber se alguns dos remédios cujos ingredientes ele misturava serviam mesmo para alguma coisa; era um primeiro sinal do ceticismo que ele manteria por toda a vida sobre assuntos ligados ao corpo humano.

Ao seguir um caminho fora do normal para uma carreira científica, Bernard envolveu-se primeiramente com o teatro e, antes de completar 20 anos, já havia escrito uma peça, *A Rosa do Rhône*, encenada em Lyon. Encorajado, migrou para Paris, lá chegando em 1834. Mostrou seus trabalhos a Saint Marc Girardin, um crítico conhecido, que o aconselhou a procurar um outro tipo de interesse. Bernard logo passou pelo exame de admissão e matriculou-se na Escola de Medicina da Universidade de Paris.

Bernard não foi brilhante no estudo da medicina, formando-se num dos últimos lugares da classe, em 26º ou 29º. Entretanto, essenciais para seu futuro foram as conferências a que assistiu, ministradas por François Magendie, um fisiologista e neurologista de renome e também um ativo investigador altamente cético. Bernard logo se identificou com a desconfiança de Magendie com relação à teoria médica existente e se ofereceu como ajudante de

---

laboratório, sem remuneração. Desta época em diante, os livros de notas de Bernard indicam a extensão de seu questionamento quanto ao conhecimento médico contemporâneo.

Bernard recebeu o diploma de graduação em medicina em 1843, mas nunca exerceu a profissão. Conforme muitos pesquisadores modernos, ele não tinha interesse em curar as doenças das pessoas, o que passou a ser mais uma complicação porque, nessa fase de sua carreira, também não estava apto a se tornar um acadêmico. Conseqüentemente, continuou como assistente de Magendie — excepcional na tarefa de dissecar — enquanto fazia pesquisas sobre o processo da digestão e sobre o funcionamento do sistema nervoso.

Um de seus primeiros pontos de interesse foi o processo digestivo. Em 1848, mostrou que o pâncreas digeriria as gorduras e demonstrou que sua ausência causava a morte. Bernard aproveitou muito bem, e de maneira prática, a famosa experiência de William Beaumont feita em Alexis St. Martin, cuja digestão podia ser observada, depois que uma ferida provocada por um tiro deixou-lhe uma abertura lateral no estômago. Ao usar animais como cobaias, Bernard criou fístulas, ou passagens artificiais, para seus propósitos de observação — método de muito sucesso, mas que irritou os antivivisseccionistas do século XIX —, descobrindo, assim, que não só o pâncreas, mas também o intestino delgado faziam parte do processo digestivo. De modo geral, Bernard expandiu o trabalho de LAVOISIER [8] sobre a combustão no processo da respiração, sendo o primeiro a considerar a digestão no contexto maior da assimilação de nutrientes através do metabolismo, com a combustão ocorrendo por todo corpo e tecidos.

Ainda em 1848, Bernard percebeu que o fígado normalmente injeta no sangue a glicose, uma espécie de açúcar, e, na década seguinte, isolou o glicogênio, a forma sob a qual a glicose é armazenada. Essas descobertas são consideradas como suas grandes realizações. “Elas tiveram um grande impacto sobre seus contemporâneos”, observa Joseph Fruton, “e sobre os estudos posteriores da fisiologia e da bioquímica.” Em 1855-56, publicou a primeira edição do livro, em dois volumes, *Leçons de Physiologie Expérimentale Appliquée à la Medicine*.

Bernard também fez grandes descobertas sobre o sistema nervoso. Sua descrição do ouvido incluía uma explicação do nervo

---

craniano; também delineou a ação do sistema nervoso vasomotor que controla a expansão e a contração dos vasos sangüíneos. Outra pesquisa sobre o sistema nervoso levou-o a experiências com substâncias tóxicas, mostrando como o monóxido de carbono e a estricina causam a morte. Desse trabalho surgiu algum entendimento do mecanismo do curare, um veneno que se tornou importante na anestesia. Por isso, Bernard é também conhecido como o fundador da farmacologia experimental.

Por volta de 1857, começou uma fase nova e mais madura de sua carreira, em que desenvolveu os princípios gerais da fisiologia, dando suporte a suas descobertas. *Introdução ao Estudo da Medicina Experimental* foi publicado em 1865, e, dois anos mais tarde, um trabalho apresentando uma teoria unificada da fisiologia, baseada na idéia do *milieu intérieur* (ambiente interno). Neste, Bernard fez a grande generalização de que o corpo, como organismo vivo, protege-se do mundo exterior pela criação de um ambiente interno estável, regulado pelo sistema nervoso. Apesar de não ter idéia dos neurotransmissores químicos e tampouco saber sobre o sistema endócrino, seu *milieu intérieur* antecede à homeostase, da mesma forma como foi desenvolvida por Walter Cannon no século XX. HANS SELYE [86], que desenvolveu o conceito de tensão, sentia-se em dívida para com Bernard e escreveu que, sem dúvida, foi Bernard “quem mostrou que o ambiente interno... de um organismo vivo deve se manter razoavelmente constante, apesar das mudanças do ambiente externo”.

Enfim, todas as honras lhe foram concedidas. Foi nomeado para a Legião de Honra em 1867 e eleito membro da Académie Française em 1869, mesmo ano em que se tornou senador, servindo como testa-de-ferro de Napoleão III para aprovar planos de ações governamentais. E quando da guerra franco-prussiana, em 1870, viu-se forçado a fugir de Paris.

A vida pessoal de Claude Bernard foi bem desastrosa. Para poder prosseguir em suas pesquisas, fez em 1845 um casamento de conveniência com uma próspera mulher, Marie Françoise Martin. Seus dois filhos morreram ainda crianças, e suas duas filhas romperam com ele, assim como a mãe delas, em parte devido ao desgosto que sentiam por suas experiências com animais. No final da vida teve

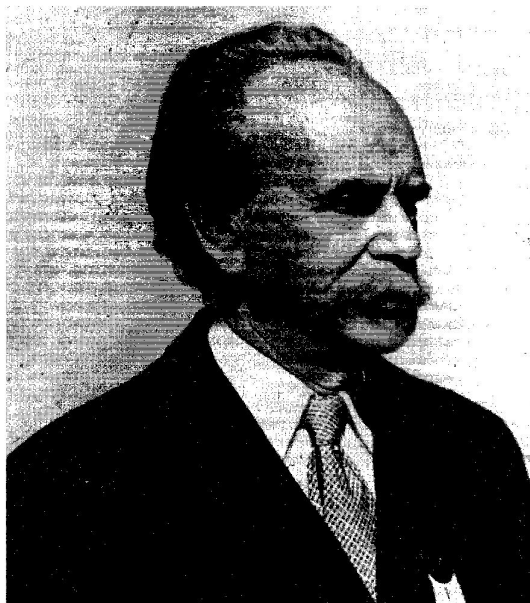
---

um relacionamento platônico com Marie Raffalovich, mulher de um banqueiro parisiense, que lhe deu conforto e companhia em seus últimos anos.

Agnóstico, recebeu a extrema-unção, contrariando seus desejos, e morreu em 10 de fevereiro de 1878, sendo o primeiro cientista francês a ter um funeral com honras de Chefe de Estado.

---





## Franz Boas & a Antropologia Moderna

(1858 – 1942)

O fundador da antropologia moderna — e seu personagem mais destacado na primeira metade do século XX — é Franz Boas. Extremamente prolífico, durante uma carreira estendida por seis décadas, Boas encerrou a chamada antropologia de catálogo de viagens, desenvolvendo seu trabalho como uma tarefa científica a operar com dados cuidadosamente coletados e com objetivos essencialmente humanistas. Como consumado relativista e antiautoritário, sua pesquisa aponta os fundamentos básicos da ciência na questão das raças. Além disso, o reconhecimento de Boas da importância da linguagem para a cultura confere-lhe relevância nos dias de hoje

---

com relação às ciências cognitivas em desenvolvimento. Boas “era um desses titãs do século XIX”, escreve CLAUDE LÉVI-STRAUSS [79], “cuja produção demandava respeito não só pela quantidade, mas pela diversidade: antropologia física, lingüística, etnografia, arqueologia, mitologia, folclore, nada lhe era estranho. Seu trabalho cobre todo o domínio da antropologia, e toda a antropologia americana emana dele”.

Franz Boas nasceu em 9 de julho de 1858, em Minden, na Westfália, à época uma província da Prússia, hoje parte da Alemanha. Era o único homem entre seis irmãos, três dos quais sobreviveram até a idade adulta; seu pai, Meier Boas, era um próspero comerciante, e sua mãe, Sophie Meyer, uma mulher socialmente ativa que havia fundado, ao estilo Froebel, o jardim de infância local. Criado em lar judaico, liberal e de livre pensamento, Franz era uma criança frágil e doentia. Em 1877, começou a freqüentar as universidades de Heidelberg, Bonn e Kiel, onde se formou em 1881 com diploma de graduação em física. Sua monografia, na área da “psicofísica”, versou sobre um problema de percepção das cores.

Enquanto estudante, Boas descobriu seu desejo de viajar e explorar, não muito diferente do de Alexander von Humboldt, seu compatriota, no começo do século XIX. Em 1883, depois de prestar o serviço militar, Boas realizou uma expedição entre os esquimós da ilha de Baffin, no Ártico canadense. Seu propósito original era o de aperfeiçoar os mapas da região, mas, ao retornar, o foco de seu interesse havia se expandido para a cultura como um todo. Atraído anteriormente para o estudo da percepção, em suas palavras “o entendimento inteligente de um fenômeno complexo”, agora estava interessado no comportamento das pessoas. “Quando minha atenção foi redirigida da geografia para a etnologia, o mesmo interesse prevaleceu.” Alguns anos após, em 1888, publicou *Os Esquimós Centrais*.

Um período em Nova York, depois de sua viagem ao Ártico, deixou uma impressão favorável em Boas; achou a liberdade da vida intelectual estimulante, em contraste com a academia alemã, e não tão limitada por considerações anti-semíticas. Como consequência, em 1887, depois de um período ensinando na Alemanha, naturalizou-se norte-americano e aceitou trabalhar para a revista *Science*,

---

tendo sido um jornalista prolífico. Durante vários anos, Boas combinou o escrever sobre ciência popular com a pesquisa profissional.

Durante a década de 1890, Boas começou a formular os objetivos gerais de sua carreira, circulando no meio acadêmico e estabelecendo a antropologia como disciplina isolada. Durante quatro anos, de 1888 a 1892, foi professor da Clark University; em 1894, foi nomeado curador do Field Museum em Chicago. Em 1896, tornou-se curador-assistente do American Museum of Natural History, de onde, passando a curador em 1901, dirigiu a ambiciosa expedição Jessup ao Pacífico Norte, que tinha como meta geral um melhor entendimento das relações entre linguagem, cultura, costumes e raça.

Em 1899, Boas foi nomeado professor de antropologia na Universidade de Colúmbia, onde permaneceria pelos 38 anos seguintes. Com essa posição, pôde exercer considerável influência no desenvolvimento do *status* científico da antropologia. Boas tinha a preocupação de excluir os pretensos amadores e também, dentro da própria matéria, opunha-se tanto à antropologia do cientismo quanto à “evolucionária” que acreditava serem os povos europeus o ponto final, bem como o ponto mais alto da civilização. E quando se exigiam dados quantificáveis reconhecia que a antropologia nunca teria o tipo significativo de precisão que se encontra nas ciências físicas.

Em 1888, Boas começou o que viria a ser toda uma vida de trabalho de campo com os índios kwakiutl na costa do Pacífico Norte — fazendo, em consequência, 13 viagens à Colúmbia Britânica para estudá-los. Apesar de nunca ter produzido um trabalho definitivo sobre a etnografia dos kwakiutl, escreveu extensamente sobre eles, desenvolvendo um modelo que se tornou importante para a pesquisa antropológica. De acordo com Boas, as tribos primitivas deveriam ser estudadas em detalhe, seus artefatos compilados cuidadosamente, assim como todos os aspectos da cultura, incluindo sua história, linguagem, costumes e ambiente físico. Boas advogava um método comparativo, além de um estudo comparado das tribos vizinhas, na pesquisa da formação das diferenças culturais. Esse acúmulo persistente e extenso de material seria complementado pela articulação de princípios genéricos, dos quais emanariam as

---



*A idéia de que o formato da cabeça seria relevante em função do temperamento é bem antiga. Franz Boas destruiu esse conceito no início do século XX.*

leis da evolução cultural. Criticado pela vasta quantidade de material colhido, mas não analisado, a insistência de Boas no detalhe teve, apesar disso, forte impacto, sendo transmitido a seus estudantes; entre eles, Margaret Mead, Ruth Benedict e Ralph Linton.

Em 1911, Boas publicou *A Mente do Homem Primitivo*, oriundo de uma série de conferências em que ele atacava a noção de raças “inferiores”, apontando para a instabilidade das características que diziam distinguir uma raça da outra. “Mais do que qualquer outro antropologista”, escreve Marshall Hyatt, “Boas foi responsável por uma mudança estrutural da ciência para longe do darwinismo social e na direção do suporte dos direitos iguais. Não mais poderiam os pseudocientistas monopolizar a ciência para provar suas teorias de inferioridade dos negros. Seu ataque ao racismo, baseado no raciocínio, bem como a defesa dos afro-americanos foram características do nexos entre o ativismo social de Boas e seu trabalho profissional.”

Coincidentemente com o estudo sobre os negros americanos, Boas fez uma investigação no campo da antropologia física relativa às supostas “raças com cérebros menores” então imigrando da Europa para os Estados Unidos, com a oposição dos nativistas. Os

americanos, com alto nível de consciência sobre raça, haviam inserido a ciência nessa luta, e, a pedido da Comissão de Imigração dos Estados Unidos, Boas estudou as famílias dos imigrantes europeus. Empregando métodos comuns usados pelos cientistas da época para medir as supostas diferenças entre as raças, Boas encontrou grande flexibilidade entre os grupos de imigrantes, os quais mudaram fisicamente no decorrer de uma geração após a migração. Boas, através da medida do crânio, por exemplo, considerou que imigrantes com cabeças alongadas produziam filhos com cabeças curtas, depois de haverem chegado aos Estados Unidos. Apesar de nenhuma das medidas de Boas mostrar grandes diferenças entre as raças, ele podia dizer que, “nem mesmo as características provadas de uma raça serem as mais permanentes no local de origem permanecem as mesmas no novo ambiente”. O relatório *Mudanças nas Formas Corporais dos Descendentes dos Imigrantes* foi publicado em 1911.

A antropologia constituiu-se num campo diversificado, ainda durante a vida de Boas, e outras metodologias e trabalhos vêm, desde então, competindo por merecer a devida atenção. Mas a influência de Boas ainda é hoje sentida, talvez por sua ênfase na análise lingüística. Seu *Manual de Linguagens dos Índios Americanos* foi publicado pela primeira vez também em 1911, e seu ponto de vista deu frutos excepcionais, tanto que Leonard Bloomfield concede a Boas o crédito de ter realizado, “quase que sozinho, as ferramentas da fonética e sua descrição estrutural”. Boas “marcou a transformação na trama das teorias e dos métodos americanos de lingüística, ponto de partida na tradição moderna da lingüística descritiva”.

A vida e a carreira de Boas não transcorreram sem conflitos. Amável e bem-apeado, foi casado com Mari Krackowizer, de quem teve seis filhos, dois dos quais morreram antes de chegarem à idade adulta. Mari morreu num acidente de automóvel em 1929. A reputação de Boas foi prejudicada durante a Primeira Guerra Mundial por se recusar a apoiar a entrada dos Estados Unidos no conflito. Em consequência, perdeu a presidência da American Anthropological Association, sendo até expulso como membro, durante algum tempo; mais tarde foi reintegrado.

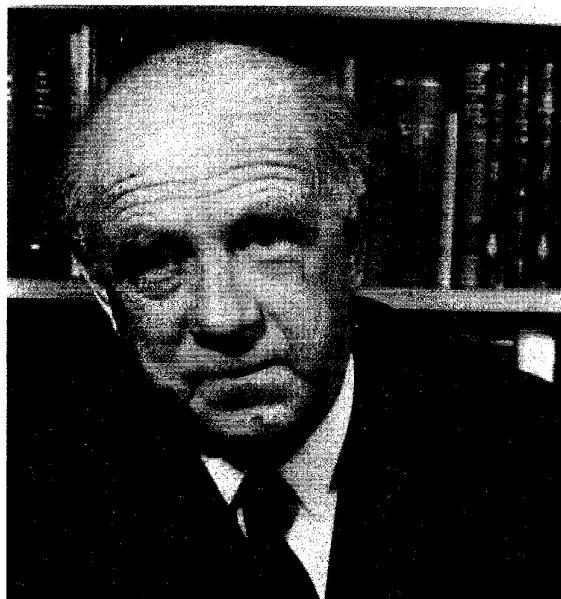
Em 21 de dezembro de 1942, Boas compareceu a um almoço no Columbia Faculty Club em homenagem a Paul Rivet, um antro-

---



pólogo francês que havia fugido da França ocupada pelos nazistas. Entre os convidados estavam Ruth Benedict e Ralph Linton. Claude Lévi-Strauss, que também compareceu, lembra-se de Boas chegando com “um velho chapéu de pele que devia datar de sua expedição entre os esquimós há sessenta anos”. Em meio às agradáveis discussões, Franz Boas parou repentinamente, afastou-se da mesa e morreu.

---



## Werner Heisenberg & a Teoria Quântica

(1901 – 1976)

Em meados da década de 1920, os físicos deixaram de envidar esforços para visualizar o átomo; porquanto, usando números quânticos, seus modelos matemáticos eram bem-sucedidos. Desde 1925, Werner Heisenberg passou a ser um dos arquitetos principais de uma nova teoria quântica e, dois anos mais tarde, propôs o “princípio da incerteza”, que fixa o limite para todos os esforços no sentido de medir as partículas subatômicas. Assim, durante a década de 1930, juntamente com NIELS BOHR [3], Heisenberg tornou-se um dos expoentes na formulação da “Doutrina de Copenhague”, como veio a ser conhecida, sobre teoria quântica, angariando para ela a

---

aceitação irrestrita que ainda hoje lhe é outorgada. Quando do advento do nazismo, Heisenberg não aderiu ao êxodo para os Estados Unidos, escolhendo permanecer na Alemanha, onde, durante a Segunda Guerra Mundial, trabalhou em pesquisa sobre a fissão, cujo objetivo final tem sido fonte de debates consideráveis nos anos recentes. “Werner Heisenberg, nascido na aurora do século XX”, escreveu seu biógrafo David Cassidy, “tornou-se um de seus grandes físicos. E também um dos mais controvertidos”.

Werner Heisenberg nasceu em 5 de dezembro de 1901 em Würzburg, na Alemanha, filho de August Heisenberg, professor de estudos bizantinos na Universidade de Munique, e de Anna Wecklein Heisenberg. O jovem Werner era muito ligado à mãe e desenvolveu exteriormente uma aparência tranqüila, em contraste com uma enorme motivação interior que refletia tanto a forte personalidade quanto também ambições acadêmicas de seu pai. Em setembro de 1911, Werner entrou para o Maximilians-Gymnasium, uma instituição de prestígio dirigida por seu avô materno, onde, nove anos mais tarde, concluiu seus estudos. Participou do Movimento da Juventude Germânica depois da Primeira Guerra Mundial e ativamente apoiava a supressão da revolta dos trabalhadores na Baviera, em 1919, liderada por comunistas. Depois, Heisenberg tentou, com resultados duvidosos, manter-se alheio a qualquer envolvimento político.

Heisenberg voltou-se para a física num momento propício, ao entrar para a Universidade de Munique em 1920. Em 1922, ano em que começou a estudar com MAX BORN [32], Heisenberg conheceu Niels Bohr na Universidade de Göttingen. Os dois fizeram um passeio às montanhas Hain e, logo após, Bohr declarou: “Ele [Heisenberg] entende tudo.” Heisenberg doutorou-se em 1923, em Munique, e, no ano seguinte, estabeleceu-se em Copenhague para continuar seu trabalho no Instituto Bohr de Física. Em 1925, desenvolveu a mecânica matricial — descoberta considerada o ponto-chave da mudança para a física moderna.

No começo da década de 1920, surgiram problemas sérios com o novo modelo Rutherford-Bohr para o átomo que, apesar do sucesso, não conseguia explicar uma variedade de fenômenos experimentais. Em 1924, Heisenberg começou a considerar a possibili-

---

dade de uma teoria pela qual as quantidades observáveis e mensuráveis — tais como a luz e a frequência — seriam as únicas variáveis. Do mesmo modo que ALBERT EINSTEIN [2] decidiu tratar como fictícios os infinitos implícitos nas leis newtonianas, Heisenberg forçou a admissão de que os elétrons não podiam ser, com segurança, medidos individualmente. “Eles se fixaram”, escreve David Cassidy, “nos essenciais, como a existência de pulos quânticos e de descontinuidades dentro dos átomos, rejeitando a idéia de *anschaulich*, ou seja, de modelos atômicos que pudessem ser visualizados.”

Logo após Heisenberg desenvolver a mecânica matricial — assim chamada porque usava a álgebra de matricial para descrever o elétron —, o físico austríaco ERWIN SCHRÖDINGER [18] propôs outro modelo, chamado de mecânica de ondas. A princípio não houve concordância sobre qual teoria estava correta. Porém, mais tarde, ficou demonstrado que ambas eram matematicamente equivalentes, apesar de uma teoria caracterizar o elétron como uma partícula, e a outra, como uma onda. Heisenberg interpretou essa aparente contradição com um famoso artigo, publicado em 1927. Em *Sobre o Conteúdo Intuitivo da Cinemática Quântica e Mecânica*, propunha o conceito que passou a ser associado muito de perto a seu nome: o “princípio da incerteza”. Sustenta, simplesmente, que não é possível calcular com perfeita precisão a posição e o impulso de uma partícula subatômica. Efetivamente, quanto maior a certeza com que é medida a velocidade de uma partícula subatômica, menor a certeza com relação à sua posição. O princípio da incerteza deu apoio total a uma idéia que era do conhecimento dos físicos há muitos anos: que a linguagem normal, literalmente, não consegue descrever o átomo. O átomo apenas pode ser medido; e, nessa medida, existe a incerteza inerente causada pelas limitações da percepção humana.

Nos anos seguintes, Heisenberg ficou sendo o maior proponente dessa nova “interpretação de Copenhague” sobre a mecânica quântica. Junto com Niels Bohr e outros, tornou-se bastante influente, tanto na Europa quanto nos Estados Unidos, que visitou em 1929, apresentando uma série de importantes conferências na Universidade de Chicago. De 1927 até 1941, Heisenberg foi professor de física na Universidade de Leipzig, onde trabalhou com Wolfgang Pauli e outros

---

para desenvolver a eletrodinâmica quântica e a teoria do campo quântico, preparando as bases da pesquisa sobre a física da alta energia. Juntamente com Erwin Schrödinger e PAUL DIRAC [20], recebeu em 1933 o Prêmio Nobel do ano de 1932.

A decisão de Heisenberg de não sair da Alemanha hitlerista e seu trabalho sobre o potencial da energia nuclear durante a guerra vêm sendo objeto de muita especulação durante todos esses anos. Suas decisões políticas refletiram tanto seu patriotismo quanto sua crença, comum entre os alemães não-nazistas, de que Hitler sairia vitorioso da Segunda Guerra Mundial. Heisenberg foi atacado por motivos ideológicos pela SS de Hitler em 1937, mas foi exonerado pelo próprio líder daquela organização, Heinrich Himmler. De acordo com Elisabeth Schumacher, mulher de Heisenberg, ele via a política como um “jogo de xadrez no qual os sentimentos e as paixões das pessoas são subordinados ao curso já traçado dos eventos políticos, do mesmo modo que as figuras do xadrez às regras do jogo”. Recusou-se a deixar a Alemanha quando teve oportunidade, durante uma viagem, em 1939, para fazer uma conferência nos Estados Unidos; em vez disso voltou para a Alemanha e comprou um retiro no campo, decidindo “fazer meu papel da melhor maneira que possa”.

Em 1942, Heisenberg foi nomeado diretor do Instituto Kaiser Wilhelm para Física em Berlim. Trabalhou na fissão nuclear e dirigiu o projeto de urânio de Hitler. Apesar de haver sido sugerido que ele pudesse ter deliberadamente ajudado a atrasar o desenvolvimento de uma bomba atômica pela Alemanha, o assunto não é claro. Numa visita feita em 1941 a Niels Bohr, pouco antes de este fugir para os Estados Unidos, Heisenberg discutiu reações nucleares e pode ter desenhado um reator. As intenções de Heisenberg — se foi um aviso ou se estava se vangloriando, ou se foi uma afirmação de intenções pacíficas — continuam obscuras até hoje.

No final da guerra, Heisenberg foi preso pelos aliados e aprisionado na Inglaterra com outros cientistas alemães por cerca de seis meses. Em 1946 foi-lhe permitido voltar à Alemanha, onde foi nomeado diretor do Instituto Kaiser Wilhelm de Física em Göttingen e que depois passou a ser conhecido como Instituto Max Planck. Heisenberg era bastante jovem quando fez suas grandes descobertas

---



e longa foi sua carreira no pós-guerra como cientista do governo e chefe da delegação alemã no Conselho Europeu para a Pesquisa Nuclear. Escreveu vários livros, incluindo *A Concepção da Natureza pelo Físico*, e uma autobiografia, *A Física e Mais Além*. Em 1970, pediu demissão do Instituto Max Planck e morreu de câncer seis anos mais tarde, em 1º de fevereiro de 1976. Com sua morte, seus colegas e amigos organizaram uma procissão de velas acesas até a porta de sua casa.

Na velhice, Heisenberg ficou desencantado com a física das partículas, acreditando haver um problema de conceito com a noção das partículas elementares, como os quarks, e trabalhou numa versão da teoria unificada de campo. “Teremos de abandonar a filosofia de Demócrito e o conceito das partículas elementares fundamentais”, escreveu em *Tradição em Ciência*. “E deveríamos aceitar, em vez disso, o conceito das simetrias fundamentais, derivado da filosofia de Platão.” Na verdade, no final da vida, voltou para o platonismo que havia aprendido na juventude e fundiu o legado de sua família com o de sua educação.

---



## Linus Pauling & a Química do Século XX

(1901 – 1994)

As qualidades e as interações específicas da enorme variedade de diferentes substâncias químicas — tanto orgânicas quanto inorgânicas, naturais e sintéticas — foram descritas, mas nunca explicadas adequadamente pela química do século XIX. O que provoca essa palpável diferença entre as substâncias — duras e moles, doces e azedas, por exemplo — para não mencionar a miríade de reações químicas que acontecem entre uns poucos elementos? Boa parte do século XX já havia passado, e a teoria química permanecia muda. Por volta da década de 1930, derivadas dos recentes métodos de análise a partir da teoria já amadurecida da mecânica quântica,

---

começaram a aparecer as visões das ligações químicas. Tudo culminou não só com novas ferramentas para analisar as propriedades dos elementos e predizer as reações químicas, mas com enormes conseqüências na biologia molecular e na interpretação bioquímica da vida. O americano Linus Pauling foi o primeiro dos personagens principais dessa transformação.

Linus Pauling nasceu em 28 de fevereiro de 1901, em Oswego, no Estado de Oregon, filho de Lucy Isabelle Darling Pauling e de Herman William Pauling. Os Pauling pertenciam a uma família diferente; a tia de Linus chamava-se Stella “Dedos” Darling e era uma conhecida arrombadora de cofres; outro de seus parentes fizera-se espiritualista. Herman Pauling, que era farmacêutico (uma vez colocou anúncios de “Pílulas Rosa ‘Pauling’ para pessoas pálidas”), morreu cedo, de úlcera gástrica, em 1910, logo depois de ter escrito uma carta para o jornal local perguntando como encorajar os excepcionais talentos intelectuais de seu filho. Depois da morte do marido, Belle Pauling administrou uma pensão na pequena cidade “de um só cavalo” de nome Condon, no Estado de Oregon. Linus, que não se havia interessado pela química enquanto seu pai era vivo, com 12 anos começou a fazer experiências com produtos químicos roubados de uma fábrica abandonada de refinaria de metal.

Apesar de Pauling ter deixado o ginásio sem diploma, em 1917 — conferido em 1962, depois de ganhar seu segundo Prêmio Nobel —, conseguiu se matricular no Oregon Agricultural College, onde estudou engenharia química. Sua educação universitária foi decididamente levada adiante por ele próprio, pois sua mãe teria preferido que ele trabalhasse para dar uma ajuda financeira à família. Depois de receber o diploma de bacharel em 1922, Pauling começou estudos de pós-graduação no California Institute of Technology, que possuía um extraordinário departamento de química e do qual era presidente Robert Millikan, o eminente físico, cuja simples experiência da “gota de óleo” permitiu calcular, pela primeira vez, a carga de um elétron. Na Caltech, a principal área de interesse de Pauling era a físico-química, e logo ficou sob a influência de Roscoe Dickinson, que desenvolvia uma técnica para o uso da difração dos raios X, descoberta uma década antes por MAX VON LAUE [56] no estudo da composição dos

---

cristais complexos. Em colaboração com Dickinson, Pauling descreveu a estrutura de um mineral chamado molibdenita e publicou alguns artigos, antes de receber o doutorado *summa cum laude* em 1925.

O advento de uma nova teoria quântica, no meio da década de 1920, trouxe um melhor entendimento do átomo e preparou o terreno para uma nova perspectiva da ligação química. Pauling foi à Europa em 1926, passando algum tempo em Munique, com Arnold Sommerfeld, a quem havia conhecido dois anos antes, encontrando-se também com ERWIN SCHRÖDINGER [18], em Zurique, com NIELS BOHR [3], em Copenhague, e com WERNER HEISENBERG [15] e MAX BORN [32], em Göttingen. O relacionamento de Pauling com os maiores personagens da mecânica quântica era a mostra da nova ligação a ser feita entre a química e a física. Quando voltou para o Caltech no ano seguinte, tornou-se um dos poucos químicos vivos que possuíam uma boa concepção da teoria quântica. Foi professor catedrático do Caltech em 1931 e também ensinou na Universidade da Califórnia, em Berkley, de 1929 até 1934.

Partindo do trabalho inicial sobre cristais, Pauling usou, em 1928, a teoria quântica no fenômeno da ligação química. Mostrou como as propriedades específicas de vários átomos se relacionam com seus elétrons na aplicação da mecânica de ondas. Pauling desenvolveu uma série de regras que sistematicamente mostravam a formação das ligações químicas. Generalizando a partir de sua forma matemática, as regras se relacionam com a formação de pares e com o giro dos elétrons e também com a posição em que se encontram nas orbitais dos átomos.<sup>13</sup> A interação das orbitais determina os relacionamentos físicos e, numa escala maior, as várias qualidades associadas com os produtos químicos. “Se o desejo é ser poético”, escrevem Ted e Ben Goertzel em sua lúcida biografia de Pauling, “pode ser dito que os átomos tentam chegar uns aos outros, distorcendo as funções da quântica de onda de seus elétrons, precisamente do modo mais eficiente para se ‘agarrarem’ uns aos outros. Dessa

---

<sup>13</sup> As orbitais representam a região onde os elétrons podem ser encontrados em torno do núcleo atômico e são derivadas do conceito original dos elétrons em órbitas fixas. As órbitas são provenientes do conceito newtoniano; e as orbitais, do conceito da mecânica quântica de ondas.

forma, os átomos se juntam para formar as moléculas, que são os elementos básicos da matéria.”

Em 1931, o artigo mais influente e mais significativo feito por Pauling, *A Natureza da Ligação Química*, foi publicado no *Journal of the American Chemical Society*. Veio a ser o primeiro de uma série de sete artigos clássicos publicados no começo da década de 1930. A realização de Pauling não passou despercebida, e ele obteve não só alta reputação por seus trabalhos no meio científico, como também passou a ser celebrado pela mídia como um jovem americano em ascensão e um potencial ganhador do Prêmio Nobel. Pauling fez jus a essa atenção, pois falava muito bem e se empenhava para explicar suas teorias e descobertas, fornecendo contexto e imagens excepcionais sempre carregadas de humor. Em 1931, enquanto proferia uma conferência na cerimônia de recebimento do Prêmio Langmuir, a eletricidade foi cortada. Em 1939, Pauling publicou a primeira edição de *A Natureza da Ligação Química*, um dos mais significativos trabalhos sobre química do século XX.

“Por volta de 1935”, escreveu Pauling, “... senti ter atingido um completo entendimento sobre a natureza da ligação atômica.” Posteriormente, expandiu seus horizontes para incluir o estudo de moléculas orgânicas mais complexas. Já se vinha interessando por biologia desde 1929, quando o geneticista THOMAS HUNT MORGAN [62] chegou a Caltech; agora, Pauling já previa a importância da química para o entendimento dos processos vitais.

A pesquisa bioquímica de Pauling teve repercussões em várias áreas específicas, da medicina, inclusive. Seus estudos iniciais envolviam a tentativa de tirar o nó da estrutura da hemoglobina, a proteína que transporta o oxigênio pelo sangue e é a responsável por sua cor vermelha. Inicialmente não teve sucesso, mas alguns anos mais tarde — numa explosão de intuição enquanto jantava no Century Club na cidade de Nova York — descobriu a base química da anemia falciforme. Como consequência, foi logo confirmado que essa doença do sangue continha uma base molecular e era transmitida segundo as leis de hereditariedade de Mendel, numa adaptação genética para proteger contra a malária, o que explicava sua incidência nos africanos.

A descoberta da química da anemia da célula tipo lua crescente

---



foi a base para a biogenética e levou Pauling a estudar as reações serológicas mais detidamente e a investigar a estrutura dos anticorpos e sua relação com os antígenos invasores. Inspirado e encorajado por KARL LANDSTEINER [81], o pesquisador de imunologia mais proeminente da época, Pauling desenvolveu uma teoria de muita influência — apesar de que não provou ser finalmente correta — da interação entre os anticorpos e os antígenos e esteve envolvido na produção dos primeiros anticorpos sintéticos em 1942.

Mas a realização mais significativa de Pauling, na bioquímica, foi o estudo dos aminoácidos e das proteínas, o que preparou a base para maiores avanços na biologia molecular. Onipresente no micromundo biológico e considerada desde o começo do século como a chave da compreensão dos sistemas vivos, a complexidade das proteínas resistiu à análise por muito tempo. O trabalho de Pauling começou em 1937 e prosseguiu por vários anos. Adotou o que se tornou um método famoso para construir modelos de moléculas em escala, enquanto obtinha pistas pela difração pelos raios X. No final da década de 1940, Pauling iria propor a noção de que as grandes moléculas obedeceriam a algum tipo de simetria na repetição de suas conexões. Pauling percebeu que, em lugar disso — através de um pulo de imaginação científica —, a forma helicoidal representava “a relação *geral* no espaço entre dois objetos assimétricos, mas equivalentes”. Moléculas longas tendem a tomar essa forma e, como foi mais tarde percebido, seu caráter assimétrico permite que codifiquem as informações. Pauling publicou, em 1950, um artigo-chave sobre as estruturas helicoidais, elaborado junto com Robert Corey.

A estrutura do DNA, a molécula longa e fina de dupla hélice que contém informação genética e dirige a síntese das proteínas, é a descoberta mais famosa, obtida da percepção de Pauling. É mais do que concebível que o próprio Pauling pudesse ter descoberto a estrutura do DNA, se não fosse pela interferência do governo dos Estados Unidos. Na Califórnia, Pauling não tinha acesso às fotografias de difração dos raios X de alta qualidade, feitas por Maurice Wilkins no King's College, mas planejava vê-las durante uma reunião na Inglaterra, em 1952. Entretanto, devido aos pontos de

---

vista políticos liberais de Pauling, o Departamento de Estado, por conselho do Comitê da Câmara dos Deputados Sobre Atividades Antiamericanas, decidiu não renovar seu passaporte. Como consequência, Pauling ficou nos Estados Unidos e escreveu um artigo em 1953 que descrevia o modelo do helicoidal tríplice para a molécula de DNA — que estava errado. Dois meses mais tarde, a explicação correta sobre a estrutura helicoidal dupla foi publicada por JAMES WATSON [49] e FRANCIS CRICK [33].

A carreira final de Linus Pauling teve méritos mais políticos do que científicos, causados por seu antagonismo às armas nucleares. Durante a década de 1930, dera apoio à campanha socialista de Upton Sinclair para se eleger governador da Califórnia e que, apesar de notável, foi um fracasso. Depois da Segunda Guerra Mundial, Pauling fazia forte oposição à política da Guerra Fria e usou sua influência em favor do tratado de proibição de testes nucleares. Foi investigado como radical de esquerda, durante a década de 1950, e a American Legion dizia ser um dos “que davam guarida à linha comunista”. Ganhou o Prêmio Nobel para a Paz em 1962, e o *New York Herald Tribune* o chamou de “pseudopacifista apaziguador”. Durante a guerra do Vietnã, Pauling repetidamente deu suporte à política da nova esquerda e se tornou um de seus porta-vozes, mas não como um pensador político.

A falta de reconhecimento pela Caltech do segundo Prêmio Nobel, recebido por Pauling, fez com que se mudasse, em 1963, para o Centro para o Estudo das Instituições Democráticas. Em 1967, entrou para a Universidade da Califórnia e de 1969 até 1974 trabalhou na Universidade de Stanford.

No último quarto de século de sua vida, Pauling envolveu-se com o esforço para demonstrar a importância da vitamina C no processo de impedimento do resfriado comum e de muitas outras doenças, desde o herpes até o câncer. Não conseguiu dar provas convincentes da eficácia das megadoses que ele e sua mulher, Ava Helen, tomavam todas as manhãs, a não ser por sua própria longevidade. Juntamente com o fundamentalista cristão, Arthur Robinson, Pauling fundou o Instituto de Medicina Ortomolecular em 1974, que é hoje o Instituto Linus Pauling de Ciência e Medicina, em Palo Alto, na Califórnia.

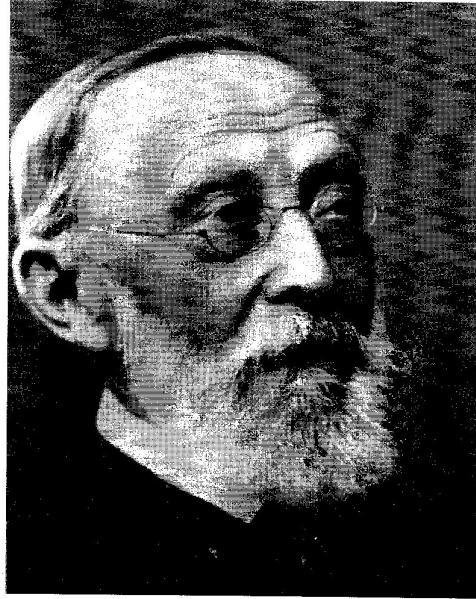
---

A vida pessoal de Pauling era aparentemente tranqüila, mas não isenta de conflitos internos. Casou-se, em 1922, com uma de suas alunas e tiveram três filhos e uma filha durante um casamento longo e feliz. Apesar de ateu, ele e a mulher freqüentavam a igreja unitária, porque, dizia ele, “aceitam como membros pessoas que acreditam em tentar fazer do mundo um lugar melhor para se viver”. A participação de Pauling em dois estudos com cientistas, usando os métodos de Rorschach para avaliar a personalidade, revelou suas próprias tendências narcisísticas, forte ambição e muita imaginação, bem como sentimentos de vazio emocional. Pauling parece que teve de segurar suas emoções e empreender muito esforço para ter esse controle. Não se sentia um excelente pai e, dos quatro filhos, ficou mais ligado à filha, Linda Pauling Kamb.

Em seus últimos anos de vida, Pauling era admirado pelo povo; como viúvo, quando aparecia nos espetáculos nacionais de entrevistas, recebia muitas cartas femininas com intenções amorosas.

Em 1990, teve o diagnóstico de câncer de próstata, que mais tarde se disseminou para os intestinos. Linus Pauling nunca disse que os 10 gramas diários de vitamina C lhe dariam a imortalidade. Morreu em 19 de agosto de 1994.

---



## Rudolf Virchow & a Doutrina da Célula

(1821 – 1902)

Até a metade do século XIX, *células*, para os europeus, eram principalmente os domicílios frugais dos monges. Quando em 1665 Robert Hooke observou “grandes quantidades de pequenas caixas” em lâminas de cortiça, por meio de seu microscópio composto, comparou-as a uma colmeia e escolheu um nome que significava um espaço vazio e fechado. O interior repleto da célula e seu papel fundamental nos organismos vivos ficaram despercebidos nos 200 anos seguintes. Somente em 1838 e 1839, com a melhoria dos sistemas óticos e pelas teorias propostas pelo botânico Matthias Schleiden e pelo zoólogo Theodor Schwann, foi sugerido que

---

poderiam ter um significado mais amplo. Mas o gênio da teoria celular — e fundador da patologia celular — foi o médico e anatomista alemão Rudolf Virchow.

Um dos físicos mais famosos de sua época, Virchow recebeu grande influência de Pasteur, por sua capacidade de atacar e enfrentar os principais problemas na apresentação de uma teoria a partir de dados experimentais, empenhando-se intensamente para que a mesma fosse aceita. Cientista envolvido com a política, era radical ao ponto de acreditar que o médico devia ser “o advogado natural dos pobres”. Com sua morte, escreve seu biógrafo Erwin H. Ackerknecht, “a Alemanha podia reclamar de ter perdido quatro grandes homens de uma só vez: seu melhor patologista, seu melhor antropologista, seu melhor sanitarista e seu liberal mais destacado”.

Rudolf Ludwig Carl Virchow nasceu em 13 de outubro de 1821, na cidade de Schivelbein, que hoje faz parte da Polônia, mas que naquela época situava-se na província da Pomerânia, na Prússia, no mar Báltico. Seu pai, Carl Christian Siegfried Virchow, um fazendeiro, fora um homem de negócios, sem sucesso, e tesoureiro da cidade; sua mãe era Johanna Maria Hesse Virchow. Saindo de casa aos 14 anos para cursar o ginásio, Rudolf foi excelente aluno, desenvolvendo a paixão pelo aprendizado e mirando a posse de um “conhecimento global da Natureza desde a divindade até a pedra”. Em 1838, ganhou uma bolsa de estudos para medicina no Friedrich-Wilhelms Institute em Berlim, onde ficou sob a influência de Johannes Peter Müller, cujos trabalhos sobre fisiologia estavam criando novos avanços importantes. Recebeu seu diploma de médico em 1843.

Virchow tornou-se médico interno no Hospital Charité de Berlim, um local de grande movimento intelectual em medicina. Inicialmente foi anatomista de patologia, fazendo dissecações para demonstrações anatômicas. Em 1847, passou a *Privatdozent*, o que lhe permitia ensinar; na mesma época, deu início à sua primeira pesquisa.

O trabalho inicial de Virchow, ligado à flebite, a doença inflamatória das veias, era entendido na época como o causador da patologia. Analisando a fibrina, a proteína principal da coagulação, Virchow mostrou sua importância para a coagulação e

---



inventou os termos *embolia* e *trombose*. Demonstrou que os coágulos que causavam a flebite não se deviam a causas locais de inflamação, mas somente a aglomerados de células degeneradas provenientes de outros locais. Do mesmo modo, mostrou que o pus era composto de células brancas do sangue. As observações de Virchow sobre a formação de leucócitos levaram-no a descrever a doença da leucemia.

Nada imune ao desassossego social característico da década de 1840, Virchow engajou-se politicamente, depois de uma pesquisa referente a uma epidemia de tifo na Silésia superior, na Prússia, território da minoria polonesa oprimida. Fazendo parte de uma comissão formada pelo governo depois de revelações da imprensa, Virchow viajou para aquela região e enviou um relatório onde dizia que as causas fundamentais da epidemia eram de cunho social. Esta foi a primeira das estocadas políticas de Virchow e ele prescrevia, para combater a epidemia, “democracia, educação, liberdade e prosperidade”. Perguntava retoricamente algo que ressoa tão claramente nos dias de hoje, como no século XIX: “Será que os triunfos do gênio humano levam somente a isto, que a raça humana se torne mais miserável?”

Virchow era ativista em Berlim na revolução de 1848 — apesar de confessar não ter feito nada quanto às barricadas — e passou a reformar o estabelecimento médico alemão. Publicou um jornal semanal radical, o *Die Medizinische Reform*, no qual difundia o ponto de vista de que os médicos tinham o dever de servir aos pobres. Foi também eleito para a Dieta da Prússia, mas não permitiram que tomasse posse, por sua pouca idade. Devido a seus pontos de vista agnósticos e abrasivos contra a realeza, Virchow foi perseguido no período subsequente de reação política; seu parco salário foi cancelado, sendo efetivamente demitido do Charité. Também se viu forçado a deixar Berlim — e, quando voltou para se casar em 1849, as autoridades locais providenciaram para que ele saísse da cidade logo que a cerimônia houvesse terminado. Mas a fama de Virchow já se espalhara e, na Universidade de Würzburg, foi nomeado para ocupar a cadeira de anatomia patológica.

Na verdade, por volta de 1847, com a fundação de seu importante periódico, *Archiv für Pathologische Anatomie und Physiologie*,

---

Virchow tornou-se a maior força na Alemanha — do mesmo modo que CLAUDE BERNARD [13], na França — por trás da nova prioridade da fisiologia experimental na medicina. “A experiência”, escreveu, “é o julgamento final da ciência sobre a fisiologia patológica”. Estabeleceu o estudo das estruturas normais como sendo a chave para entender as patológicas, fez pesquisas sistemáticas e publicou numerosas monografias. Foi durante o início da década de 1850 que ele desenvolveu a teoria da célula e os princípios fundamentais da patologia celular.

Apesar de Theodor Schwann ter desenvolvido em 1839 uma importante teoria sobre as células, ela era incompleta, e Virchow a corrigiu e a ampliou, tanto conceitualmente quanto em muitos outros detalhes. Demonstrou que o músculo e o osso são feitos de células, do mesmo modo que os tecidos; além disso, fez grandes descobertas anatômicas. Mostrou a presença de tecido conectivo, entremeado de células nervosas, na coluna e no cérebro, e desenvolveu também uma classificação básica para os tecidos celulares.

Já em 1845, Virchow denominou a célula de unidade fundamental da vida e, em 1852, propôs a hipótese da divisão celular para explicar a reprodução, rejeitando a idéia de Schwann de uma substância geradora chamada blastema. Virchow formulou o que veio a ser a famosa e conhecida doutrina da célula: *Omnis cellula e cellula* (*Toda célula é proveniente de outra célula*). Virchow conseguiu entender que processos químicos aconteciam dentro das células e reconheceu a importância do núcleo. “O desenvolvimento não pode deixar de ser contínuo”, ele escreveu, “porque nenhuma geração pode começar uma série nova de desenvolvimentos. Devemos reduzir todos os tecidos a um simples elemento, a célula.” Reconhecendo a célula como a unidade básica da vida, escreveu que esta é “a última e irreduzível forma de todo elemento vivo, e ... dela emanam todas as atividades da vida, tanto na saúde como na doença”.

Em 1856, Virchow foi atraído de volta a Berlim; a medida de seu prestígio é o fato de conseguir, como condição para seu retorno, que fosse construído um novo instituto de patologia, do qual se tornou diretor. Seu livro de grande aceitação, *Patologia Celular*, elaborado a partir de uma série de conferências ministradas no

---

Instituto, foi publicado em 1858 e, em dois anos, já estava traduzido para o inglês. “O que Virchow conseguiu com o *Patologia Celular*”, escreve o médico Sherwin Nuland, “foi nada menos do que enunciar os princípios sobre os quais a pesquisa médica se basearia nos próximos 100 anos ou mais.” A hipótese celular de Virchow expandiu os horizontes da pesquisa em bioquímica e em fisiologia e teve ainda maior influência no campo mais vasto da biologia, em que a doutrina da célula desenvolveu a biologia molecular com a evolução da genética e com o melhor entendimento da reprodução. “Muitas vezes, não se nota”, comenta Elof A. Carlson, “que a doutrina da célula nasceu na mesma época (1858) que a *Origem das Espécies*, de Darwin (1859)”.<sup>14</sup>

Não escapou aos historiadores que o desenvolvimento da teoria celular feito por Virchow pudesse ter alguma relação com seu posicionamento político. O médico que era a favor da “democracia sem restrições” foi o mesmo que desenvolveu a teoria das células que, como escreveu Erwin Ackerknecht, “mostrava que o corpo era um estado livre, de indivíduos iguais; uma federação de células, um estado democrático de células”. Virchow manteve-se politicamente ativo por toda sua vida. Foi eleito para o Parlamento prussiano em 1862 e tornou-se o líder da oposição. Um de seus inimigos políticos, Otto Bismarck, desafiou-o para um duelo em 1865, tendo Virchow se recusado a participar, com sarcástico menosprezo. Eleito para o Reichstag em 1880, lá permaneceu até 1893 e também entrou em conflito com o Partido Socialista Cristão, que era anti-semita. Apesar de Virchow não ter conseguido impedir a subida de Bismarck ou as desastrosas conseqüências do patriotismo alemão, foi um eficiente líder cívico, ajudando a instalar esgotos decentes, sistemas de drenagem e o sistema de suprimento de água potável de Berlim.

Uma das ramificações do pensamento político de Virchow, ao se tornar mais velho, foi seu interesse pela arqueologia e pela nova ciência da antropologia física, que dominaram suas atividades depois de 1870. Firmemente oposto à idéia da superioridade racial,

---

<sup>14</sup> Com relação a esse tema, é irônico notar que Virchow teve duas falhas científicas que chamam a atenção. Focalizado na patologia celular, ele não aceitou a teoria da doença causada pelo germe, proposta por LOUIS PASTEUR [5], e apesar de não rejeitar a Teoria da Evolução tinha suspeitas sobre ela.

então cada vez mais popular, coordenou um censo das crianças nos colégios que invalidou as afirmações de uma raça alemã única. Examinou crânios em sua terra natal, a Pomerânia, e acompanhou Heinrich Schliemann às ruínas de Tróia em 1878. Mostrou, na realidade, que grandes civilizações haviam existido, enquanto as primitivas tribos germânicas ainda viviam em cavernas. Numa avaliação, FRANZ BOAS [14] escreveu: “A antropologia física e a arqueologia pré-histórica na Alemanha tornaram-se o que são hoje, principalmente devido à influência e à atividade de Virchow.”

Não causa surpresa, mas, diferentemente de outros grandes cientistas alemães do século XIX, Virchow recusou um título de nobreza e a adição do *von* a seu nome. Apesar de rejeitar o comunismo, Virchow foi um socialista revolucionário de esquerda por toda a vida. “Nossa sociedade”, ele escreveu, “como um Édipo cego, tropeça cada vez mais numa escuridão lamentável, produzindo e fortalecendo seus inimigos e os empurrando enfim para medidas extremas, que são, de novo, loucas e criam a sua própria destruição. Assim, cumpre-se a profecia do oráculo.”

Bem ciente de sua importância para a medicina e um ativista no sentido mais abrangente da palavra, Virchow dava conferências sobre todos os problemas gerais da ciência e da política e foi, no final da vida, objeto de honrarias de todo o tipo. Morreu em 5 de setembro de 1902 devido a complicações causadas por um fêmur quebrado numa queda de um bonde.

---



## Erwin Schrödinger & a Mecânica das Ondas

(1887 – 1961)

Erwin Schrödinger teve uma importância marcante para a física e para a biologia do século XX. Durante a década de 1920, criou uma das duas equações, separadas mas iguais, que descreviam o comportamento do elétron em volta do núcleo atômico. A primeira foi a mecânica matricial de Heisenberg; a segunda, a equação de ondas descrita por MAX BORN [32] como uma das “mais sublimes” de toda a física. Além disso, do mesmo modo que NIELS BOHR [3], Schrödinger estava intensamente interessado nas implicações filosóficas dos novos avanços da física teórica. Foi o autor de *O que É a Vida?*, um livro pequeno, mas indiscutivelmente um dos mais influentes do século XX, pois

---



encorajava os físicos a estudar os mecanismos básicos da biologia. “Todos leram Schrödinger”, escreve Horace Freeland Judson. “O fascínio se encontra na clareza com a qual Schrödinger examinou o gene, não como uma unidade algébrica, mas como uma substância física que tinha de ser quase perfeitamente estável e, ao mesmo tempo, exibir uma imensa variedade.”

Erwin Schrödinger nasceu em Viena em 12 de agosto de 1887, filho único de Rudolf Schrödinger e de Georgine. Adorado pela mãe, mimado por uma tia e influenciado fortemente por seu pai, Schrödinger virtualmente vivenciou uma infância ideal de classe média alta. Rudolf Schrödinger era proprietário de uma empresa de linóleo e, também, um botânico amador — tendo publicado artigos sobre a genética das plantas —, além de cultivar um interesse em pintura italiana, tornando-se para o filho um “amigo, professor e companheiro incansável”. Depois de receber aulas particulares até a idade de 11 anos, Erwin cursou, a partir de 1898, o famoso Akademisches Gymnasium, que orientava para humanidades, desenvolvendo uma educação clássica e secular com o estudo de literatura e filosofia. Sua tia, por parte de mãe, Minnie, era inglesa. Schrödinger também aprendeu inglês fluente, além de francês, espanhol e grego e latim clássicos. Durante tranquilos passeios em Innsbruck, sua mãe o forçava a praticar o inglês, dizendo: “Agora vamos falar inglês entre nós dois durante todo o percurso — não quero ouvir mais nenhuma palavra em alemão.” Apesar de relutante, “somente mais tarde Schrödinger percebeu o quanto havia lucrado com aquele hábito”.

Schrödinger entrou para a universidade em 1906, um ano após a publicação da famosa série de artigos de ALBERT EINSTEIN [2], e logo começou a estudar física com ardor. Recebeu o doutorado pela Universidade de Viena em 1910, lá permanecendo como professor. Durante a Primeira Guerra Mundial, serviu como oficial de artilharia, destacando-se por sua bravura. Como muitos outros de sua geração, Schrödinger foi fortemente afetado pela guerra e manifestou grande interesse por estudos filosóficos, incluindo o da filosofia indiana. Em 1925 escreveu um resumo de suas convicções, intitulado *Minha Visão do Mundo*. Fica evidente que Schrödinger era, ao mesmo tempo, inclinado para a espiritualidade e anti-religioso, fora do convencional,

---

e influenciado por Arthur Schopenhauer, o pessimista alemão do século XIX. E, talvez mais do que qualquer dos grandes cientistas, com exceção de SIGMUND FREUD [6] e de ALFRED KINSEY [96], Schrödinger também teve um interesse razoável pela experiência sexual, que ele concebia como um meio de atingir a transcendência.

Em 1921, Schrödinger ocupou uma posição em Zurique, onde continuou o trabalho inicial sobre a mecânica estatística dos gases, sobre a teoria da cor e sobre a teoria atômica. Também se manteve informado sobre os avanços feitos na teoria quântica, a qual havia acumulado problemas e inconsistências importantes, desde que Niels Bohr havia começado, em 1913, sua aplicação ao comportamento dos elétrons. Um avanço considerável ocorreu, neste caso, em 1924, quando LOUIS VICTOR DE BROGLIE [75] sugeriu que, do mesmo modo como Einstein havia demonstrado que as ondas de luz se comportam como partículas, sob determinadas circunstâncias, as partículas subatômicas poderiam também se comportar como ondas. Este foi um impulso importante para Schrödinger, inspirado num seminário que dirigiu sobre De Broglie. Na metade da década de 1920, Schrödinger estava preparado para apresentar sua grande contribuição para a Teoria Quântica.

A equação da onda, de Schrödinger, foi inventada durante as férias de Natal, em 1925, sendo interessante notar o seu contexto emocional: a mulher de Schrödinger estava tendo um caso extra-conjugal; para se consolar, ele, também, com uma velha amiga — cuja identidade permanece ainda um mistério — numa estação de esqui, nos Alpes suíços. Foi ali que concebeu os rudimentos da fórmula que sabia ser “muito bela”, se resolvida, e começou uma pesquisa de um ano, culminando com a revelação de uma das equações diferenciais mais importantes da história da matemática física.

Schrödinger efetivamente conseguiu colocar a hipótese de De Broglie numa fórmula matemática, encarando o elétron não como um *ponto* posicionado em vários locais em volta do núcleo do átomo, mas como uma *onda vertical*, passando em volta e pelo núcleo em níveis definidos de energia. A série de seis artigos, com a explicação da Teoria da Onda da Matéria, foi publicada em 1926, sendo sua importância imediatamente reconhecida. “O poder da

---

mecânica da onda de Schrödinger era monstruoso”, escreve o historiador de ciência David Cassidy, “suas óbvias vantagens e sua profunda importância foram ruidosamente proclamadas.”

Aproximadamente ao mesmo tempo em que Schrödinger concebia a equação da onda, WERNER HEISENBERG [15] desenvolvia a mecânica matricial, que também descreve o comportamento das partículas subatômicas. Para vencer os problemas ligados aos “pulos quânticos”, essa fórmula mostrava o elétron como um arranjo ou uma matriz de números. Com relação à equação de Schrödinger, esta era mais difícil de usar; entretanto, a mecânica matricial e a Teoria da Onda da Matéria são equivalentes matematicamente, como foi logo demonstrado por PAUL DIRAC [20], entre outros. E MAX BORN [32] sugeriu a probabilidade, como uma explicação para o comportamento dos elétrons, aparentemente em forma de onda. Com isso, uma nova e duradoura teoria quântica havia nascido.

Ao contrário de Niels Bohr, que já acreditava não poderem ser as partículas subatômicas totalmente descritas, Schrödinger a princípio pensou que sua teoria pudesse levar a uma explicação completa do átomo. Assim como Einstein, continuou a procurar por uma teoria unificada, na qual o conceito ordinário de causa não fosse abandonado em favor da estatística. Logo depois que a Teoria da Mecânica da Onda foi publicada, ele visitou Bohr, em Copenhague, mantendo uma longa série de discussões pessoais sobre as implicações filosóficas da Teoria Quântica. Disse a Bohr que, se a idéia de pulos quânticos fosse necessária, “eu teria arrependimento por ter jamais me envolvido com a Teoria Quântica”.

Bohr respondeu: “Mas os outros agradecem por você ter-se envolvido, pois a mecânica da onda contribuiu muito para a limpeza e a simplicidade da matemática, o que representa um progresso gigantesco sobre todas as formas anteriores de mecânica quântica.”

Em 1927, Schrödinger mudou-se para a Universidade de Berlim, onde foi escolhido para suceder ao prestigioso MAX PLANCK [25] na cadeira de física teórica, sem titular, devido à aposentadoria deste. Em 1933, com a ascensão do nazismo, Schrödinger foi um dos primeiros cientistas a deixar a Alemanha, mas seu antifascismo era passivo e seu exílio não foi causado por nenhuma oposição ao fato de Hitler ter-se tornado chanceler. Mais tarde, naquele mesmo

---

ano, Schrödinger recebeu o Prêmio Nobel de Física, que compartilhou com o físico inglês Paul Dirac. Em 1936, depois de ter permanecido por três anos no Magdalen College em Oxford, Schrödinger voltou à Áustria para ensinar na Universidade de Graz. Logo, o *Anschluss* de 1938 causou sérias conseqüências para ele, que ficou sob observação pelos nazistas. Eventualmente escreveu uma “confissão” — pela qual se viu severamente criticado pelos colegas e da qual, mais tarde, se arrependeu — dando suporte “à vontade do Führer”. Mas nem isso acalmou os nazistas; Schrödinger foi demitido de sua função. Com atraso, mas finalmente convencido de que não podia permanecer na Áustria, Schrödinger e sua mulher fugiram do país, com 10 marcos no bolso. Depois de breves períodos na Itália e nos Estados Unidos, foi convidado para a Escola de Física Teórica em Dublin, então recentemente fundada por Eamon de Valera, onde permaneceu até 1956.

Inspirado até certo ponto pelo trabalho mais recente do astrônomo ARTHUR EDDINGTON [37], Schrödinger teve o que C. W. Kilmster chamou de “uma segunda floração de gênio”, a partir de 1935. Em Dublin, escreveu o livro *O que É a Vida?*, no qual dava uma possível explicação das funções celulares, de acordo com as leis da termodinâmica. Schrödinger pensava serem os genes os controladores da entropia, ou desordem, que se acumula em qualquer sistema, e tinha a noção de que as bases da vida podiam, portanto, ser totalmente entendidas através de suas propriedades físicas e químicas. “O livro *O que É a Vida?*”, escreve Roger Penrose, “representa uma tentativa poderosa para compreender alguns dos mistérios genuínos da vida” e está “entre os escritos científicos mais influentes deste século”. Apesar de alguns equívocos em aspectos importantes, exerceu influência sobre FRANCIS CRICK [33] e JAMES WATSON [49], sendo, portanto, um componente intelectual na descoberta da molécula de DNA.

Depois da Segunda Guerra Mundial, Schrödinger quis voltar para a Áustria e finalmente se repatriou em 1956, quando aceitou um cargo na Universidade de Viena. Entretanto, logo ficou doente e pouco trabalhou em seus últimos anos de vida. Sua personalidade era notável: com alto nível de cultura, articulado, não-conformista

---

e meio libertino.<sup>15</sup> Em 1920, Schrödinger se casou com Annemarie Berthel, uma mulher de muito respeito e a quem ele tratava como uma doméstica, de acordo com seu biógrafo, Walter Moore. Apesar de sexualmente incompatíveis, ficaram juntos, cada um com seus próprios casos extraconjugais, na atmosfera liberada da Zurique do Entre-Guerras, até que ele veio a morrer no dia 4 de janeiro de 1961. Está enterrado na vila de Alpach.

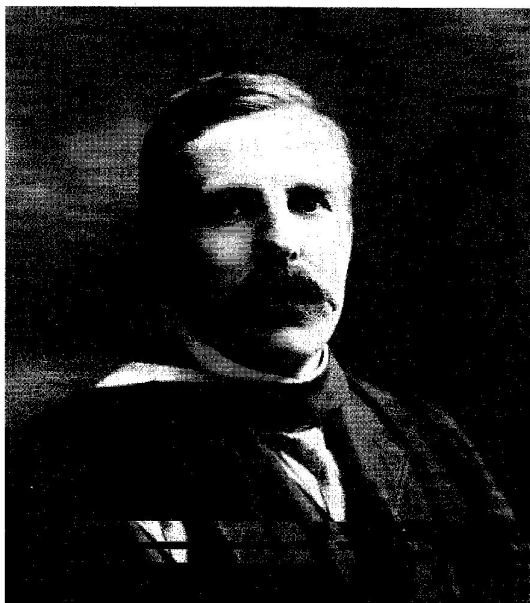
Schrödinger é um cientista cujo trabalho dá margem a uma especulação fascinante, exatamente sobre a qual ele se situa entre os demais, em termos de influência. Pode ser lembrado que a Teoria da Onda foi desenvolvida com a intenção expressa de evitar os “pulos quânticos” (inevitáveis) e permaneceu filosoficamente ligada às antigas idéias de uma realidade subjacente. A idéia central do livro *O que É a Vida?* — os seres vivos que são caracterizados pela “entropia negativa” — hoje é considerada errada.

Esses “erros” diminuem sua influência? A resposta é: não, de maneira nenhuma. Schrödinger somente representa um caso transparente de como um cientista pode desenvolver idéias que se frutificam pelas razões erradas. O fato é que a equação da onda de Schrödinger foi um passo crucial na mecânica quântica, sendo relativamente fácil de ser empregada e trazendo benefícios práticos de longo alcance. O significado de seu livro *O que É a Vida?* também não pode causar dúvidas, haja vista a existência de toda uma geração de biólogos moleculares. Porém, a permanência da influência de Schrödinger é uma lição sobre a natureza dos avanços científicos.

---

<sup>15</sup> Um pouco antes de sua morte, Schrödinger comentou que, se fosse escrever algo mais do que um breve relato autobiográfico, “teria de deixar à margem uma parte bem substancial desse retrato, ou seja, a que tem a ver com meus relacionamentos com as mulheres”.





## Ernest Rutherford & a Estrutura do Átomo

(1871 – 1937)

O equilíbrio e a estabilidade caracterizam os átomos; para Demócrito, na Grécia antiga, bem como para a física do século XIX, eles eram sólidos e indivisíveis. Tal ponto de vista foi derrubado em torno do ano de 1900, pois a descoberta de elementos radioativos instáveis abriu uma janela incomensurável para uma visão da estrutura atômica. Assim, a consolidação do átomo moderno pode ser devida aos misteriosos raios X detectados por Wilhelm Röntgen em 1895 e também à descoberta da radioatividade por Pierre e MARIE CURIE [26]. Mas é ao físico neozelandês Ernest Rutherford que devemos a primeira grande explicação sobre a estrutura do átomo.

---

Rutherford desenvolveu um modelo do átomo como sendo um núcleo pequeno e bem cheio, envolto por elétrons em órbita. Com isso, deu início à física nuclear, explicou a deterioração radioativa e ajudou a retificar a tabela periódica dos elementos. Frequentemente é classificado, no mesmo nível de MICHAEL FARADAY [11], como um dos grandes experimentalistas da história da ciência. Quando morreu, foi chamado de “Newton da física atômica”, nos elogios fúnebres feitos a seu respeito.

Ernest Rutherford nasceu em 30 de agosto de 1871, em Spring Grove, na Nova Zelândia, e foi o quarto de 12 filhos (nove dos quais chegaram à idade adulta) de James e de Martha Rutherford. James Rutherford teve várias atividades — cultivou fibra de linho, foi fabricante de rodas, dono de moinho — e permanecia frequentemente longe de casa. Era mais ligado a sua mãe, uma diretora de colégio. Leu seu primeiro livro de física com 10 anos. Foi um excelente aluno do Nelson College, onde começou a estudar em 1887 em razão de uma bolsa. Daí, foi para o Canterbury College, da Universidade da Nova Zelândia, em Christchurch, terminando o bacharelado em 1892, com “primeiros lugares” em matemática e física. Recebeu seu grau de mestre, em 1893, e o B.Sc., em 1894. Quando, em 1895, recebeu a notícia de que recebera uma bolsa para estudar na Inglaterra, ele trabalhava na fazenda da família. Imediatamente largou a pá e declarou à sua mãe: “Esta é a última batata que colhi em minha vida.”

A chegada de Rutherford em Cambridge coincidiu com a descoberta accidental dos raios X por Wilhelm Röntgen, em 1895, e das misteriosas emissões do urânio por Henri Becquerel. As propriedades inusitadas dessas descobertas causaram grande alvoroço no mundo científico, e logo Rutherford passou a estudá-las com JOSEPH J. THOMSON [31], diretor do Laboratório Cavendish. Thomson havia demonstrado que os raios X podiam fazer com que um gás conduzisse eletricidade; entretanto, essa condutividade seria destruída se o gás fosse forçado a passar através de lâ de vidro ou entre placas carregadas eletricamente. Isso sugeria serem os raios X constituídos de partículas, e Rutherford estava convencido de sua existência física como “alegres e pequenos mendigos, tão reais, que posso quase vê-los”. Uma ionização, semelhante à da água, conhecida já por 60

---

anos, estava ocorrendo em um gás.<sup>16</sup> Esta descoberta foi feita em 1896, em conjunto com Thomson, e trouxe a fama de Rutherford.

No final da vida, Rutherford comentou que a decisão mais importante de sua carreira, tomada em 1897, foi a de estudar os fenômenos radioativos. Em 1898, conseguiu distinguir duas formas diferentes de emanções radioativas provenientes do urânio, às quais chamou de raios alfa e beta. A radiação alfa (mais tarde descoberta que era composta de núcleos de hélio) era fortemente ionizante, mas com pouca capacidade de penetração, podendo ser bloqueada pelo ar. Os raios beta (mais tarde foi descoberto que eram compostos de elétrons de alta energia) não eram muito ionizantes, mas muito mais invasivos, a ponto de poderem passar por grossas lâminas de metal. Apesar de ainda envoltos em mistério, os raios alfa e beta tornaram-se, nas mãos de Rutherford, sondas de excepcional importância para a descoberta da natureza do átomo.

Em 1898, Rutherford aceitou um cargo na Universidade de McGill, em Montreal, onde tinha a vantagem de um laboratório muito bem equipado e um estoque de brometo de rádio, um composto raro e dispendioso. Também veio a conhecer Frederick Soddy, um químico que, por muitos anos, foi seu principal colaborador. Juntos, Rutherford e Soddy fizeram as experiências básicas que “instituíram os princípios fundamentais da radioatividade”, como escreveu A. S. Eve há alguns anos. De modo particular, mostraram como o tório, um elemento radioativo, deteriorava-se numa velocidade constante, numa série de outros elementos, finalmente se estabilizando como chumbo. Isto levou ao conceito da “vida-média”. Já em 1904, Rutherford discutiu a possibilidade de usar a radioatividade para verificar a idade da Terra. Tendo em vista o preceito, comum na virada do século, de serem os átomos indestrutíveis, esse tipo de transmutação dos elementos parecia uma heresia para muitos cientistas. Quando Rutherford e Soddy publi-

---

<sup>16</sup> Um *íon* passou a ser entendido como um átomo com carga: carregado positivamente (um *cátion*, com elétrons faltando) ou carregado negativamente (um *ânion*, com sobra de elétrons). Michael Faraday inventou estas expressões, no contexto da eletroquímica, na década de 1830; em 1887, Svante August Arrhenius sugeriu que os íons eram átomos carregados eletricamente. Esse conceito não havia sido aceito até a descoberta do elétron por Thomson e antes das investigações sobre a radioatividade.

caram sua teoria em 1905, criaram não só estupefação, mas também sofreram considerável crítica.

Uma generalização ainda maior, surgida do estudo da radioatividade, foi a estrutura do próprio átomo. De volta à Inglaterra em 1907, Rutherford assumiu a cadeira de física na Universidade de Manchester, de onde dirigiu um grupo de estudantes que incluía Hans Geiger e Ernest Marsden. Ao fazerem uma experiência com base num palpite, Rutherford e seus assistentes bombardearam uma fina lâmina de ouro, rodeada de painéis de sulfeto de zinco, com partículas alfa provenientes do radônio. A maioria das partículas alfa passou através da lâmina, como esperado, mas partículas ocasionais claramente ricochetearam, causando um clarão quando atingiam o sulfeto de zinco. Foi “como se”, revelou Rutherford depois, “você tivesse atirado uma bala de canhão de 15 polegadas numa folha de papel e a bala voltasse para atingir você”.

Rutherford havia descoberto não ser o átomo “algo fino e denso” como geralmente fora pensado, desde os tempos de JOHN DALTON [74]. Na verdade, o átomo era um ponto de carga elétrica concentrada, “envolvido por uma distribuição esférica uniforme de eletricidade oposta, com igual quantidade”. Assim, enquanto a maior parte das partículas alfa possuía massa e velocidade tais, que lhes permitiam passar pelos átomos da lâmina de ouro, ocasionalmente uma passava perto de um núcleo e desviava-se. Rutherford conseguiu calcular o tamanho da partícula central como sendo 10 mil vezes menor do que o da circunferência de qualquer átomo. Rutherford anunciou publicamente essa descoberta numa reunião da Sociedade Filosófica e Literária de Manchester, no dia 7 de março de 1911.

Assim, Rutherford desenvolveu o modelo do átomo, similar a um sistema solar em miniatura, composto de núcleos pequenos mas densos, tendo em órbita elétrons muito menores. Em 1914, ele começou a pensar o núcleo propriamente dito como composto de elétrons carregados negativamente e de “elétrons positivos”, aos quais, mais tarde, chamou de prótons. O átomo de Rutherford (também conhecido por átomo de Rutherford-Bohr) possuía defeitos importantes e foi sendo, subsequenteemente, muito modificado, a partir do advento da mecânica quântica. Mas é um dos pivôs da

---

história da física moderna. Também formou a base teórica para as correções necessárias da tabela periódica.<sup>17</sup>

As últimas grandes contribuições de Rutherford aconteceram durante a Primeira Guerra Mundial, quando entrou num caminho experimental que concretizava o sonho dos alquimistas. Havia já demonstrado serem os átomos indivisíveis e poderem os elementos radioativos deteriorar, transformando-se em outros elementos. Então, raciocinou ele, deveria ser possível transmutar um tipo de átomo em outro, se uma ou mais partículas pudessem se liberar de seu núcleo. Com essa finalidade, bombardeou nitrogênio atmosférico com partículas alfa, o que resultou na emissão de núcleos de hidrogênio. Como algumas de suas experiências foram feitas durante a Primeira Guerra Mundial, Rutherford desculpou-se aos oficiais britânicos por sua ausência no esforço de defesa, escrevendo: “Se, como acredito, consegui desintegrar o núcleo do átomo, este fato tem muito mais importância do que a guerra.” Como veio a ser entendido mais tarde, essa experiência foi o primeiro caso de fissão atômica feita deliberadamente.

Apesar de continuar a trabalhar nos 17 anos seguintes, Rutherford já havia terminado o que seria seu último feito de grande significado. Em seguida mudou-se da Universidade de Manchester para a de Cambridge, onde em 1919 tornou-se o sucessor de J. J. Thomson como diretor do Laboratório Cavendish. Rutherford morreu em 19 de outubro de 1937, depois de haver sofrido um acidente infeliz que provocou a infecção de uma hérnia umbilical. Está enterrado na Abadia de Westminster.

Ernest Rutherford foi coberto de honrarias durante a vida. Ganhou o Prêmio Nobel em 1908 — estranhamente em química, o que levou a piadas sobre o físico que havia sido “instantaneamente transmutado” num químico. Tornou-se cavaleiro em 1914, exercendo o cargo de presidente da Real Sociedade, de 1925 a 1930, e recebeu um título de nobreza em 1931.

---

<sup>17</sup> Dois números pertencem a cada elemento na tabela periódica. O peso atômico fornece a massa relativa, enquanto o número atômico indica a quantidade de prótons no núcleo. O hafnium, por exemplo, tem um peso atômico de 178,49; seu número atômico relativo aos outros elementos é 72. Organizando os elementos pelo número atômico, evita as anomalias que ocorrem quando classificados pelo peso.



Um dos mais típicos dos grandes da ciência, Rutherford constituiu objeto de muita adulação. Amigável e expansivo, foi casado com Mary Georgina Newton, uma mulher inteligente, que lia muito, mas tinha os pés no chão. Manteve uma relação amistosa, apesar de longínqua, com sua mãe, que permaneceu na Nova Zelândia. Quando recebeu o título de nobreza, ele lhe escreveu: "Agora, Lorde Rutherford; mais honra sua do que minha, Ernest." Ele ficou muito perturbado pela morte dela em 1935. Politicamente um liberal, Rutherford não era religioso e sim um excelente escritor de assuntos científicos. Mas o biógrafo de Rutherford, David Wilson, achava que, "quando escrevia sobre ele próprio, tornava-se extremamente tedioso". Com uma personalidade poderosa, "estava sempre cheio de agitação", escreveu E. N. da C. Andrade, "e era de um entusiasmo contagiante quando descrevia trabalhos, nos quais havia realmente se engajado, e sempre generoso no reconhecimento dos trabalhos dos outros".

---



## Paul Dirac & a Eletrodinâmica Quântica

(1902 – 1984)

“Entra Dirac”, escreve Abraham Pais sobre um específico momento histórico da física, durante a década de 1920, quando Paul Dirac tornou-se o personagem central do desenvolvimento da mecânica quântica. Do mesmo modo que WERNER HEISENBERG [15] e ERWIN SCHRÖDINGER [18] desenvolveram equações explicando o comportamento subatômico, Dirac, em 1927, propôs uma “teoria de campo” que descrevia a natureza da luz ao interagir com a matéria — uma fantástica realização na história da ciência. Em 1928, usando princípios relativistas, descobriu uma equação que previa o comportamento do elétron, o primeiro grande passo para o desenvolvimen-

---

to da moderna Teoria da Eletrodinâmica Quântica (QED). Dirac também foi levado a prever a existência do pósitron, o elétron carregado positivamente — a contrapartida do elétron com carga negativa. O pósitron foi, na realidade, descoberto em 1932 — a primeira das muitas “antipartículas”, essencialmente sem massa, que haviam sido profetizadas pela Teoria Quântica. A influência de Dirac, na física, foi profunda, toda ela expressada por equações abstratas; ele não tinha o interesse apaixonado de NIELS BOHR [3], Heisenberg e Schrödinger sobre as implicações filosóficas da nova física.

Paul Adrien Maurice Dirac nasceu em Bristol, na Inglaterra, em 8 de agosto de 1902, filho de Charles Adrien Ladislav Dirac e de Florence Hannah Dirac, nascida Holten. O relacionamento de Dirac com seu pai, professor de francês, de origem suíça, sempre fora muito tenso, pelo fato de este exercer uma disciplina muito estrita e pelo ambiente familiar ser carregado de problemas psicológicos. Dirac, já adulto, possuía uma personalidade notadamente introvertida, explicando, mais tarde, que, em criança, seu pai lhe passava os contatos sociais como valores e, além disso, insistia para Paul só se dirigir a ele em francês, uma língua que quase não conhecia. “O resultado foi eu não falar com ninguém, a menos que se dirigissem primeiro a mim. Eu era muito introvertido e passava o tempo pensando sobre problemas da natureza.” Quando seu pai morreu, em 1935, Dirac escreveu para sua mulher Margit: “Agora me sinto muito mais livre.”

Ao cursar o Merchant Venturer's College, a escola secundária onde seu pai ensinava, Dirac mostrou-se excepcional em matemática. Na universidade local de Bristol, estudou engenharia elétrica, apesar de ter pouco interesse sobre o assunto; em 1921, recebeu o título de bacharel em ciência, com honras de primeira classe. Por não ter conseguido encontrar trabalho depois da formatura — devido ao alto nível de desemprego na Inglaterra —, recebeu permissão para continuar a estudar matemática na Universidade de Bristol. Suas excepcionais habilidades foram notadas: em 1923 ganhou uma bolsa para se tornar estudante de pesquisa no St. John's College em Cambridge; lá aprendeu sobre a Teoria Atômica e conheceu Niels Bohr.

---

A grande importância de Dirac para a mecânica quântica é, historicamente, devida ao acaso, pois chegou em Cambridge num momento de grande crise na Teoria Quântica. Apesar de o átomo de Rutherford-Bohr ter sido apresentado com a ajuda das idéias da mecânica quântica, a nova teoria só conseguia prever o comportamento do elétron em volta do átomo mais simples, o de hidrogênio. Ao examinar partículas cujos diâmetros eram menores do que um bilionésimo de polegada, os físicos ultrapassaram o limite da percepção humana. A mecânica matricial e a mecânica das ondas, as duas soluções da mecânica quântica, eram essencialmente matemáticas e mais contrárias à intuição do que a física clássica. Havia sido desenvolvidas, separadamente, por Werner Heisenberg e por Erwin Schrödinger, em 1925 e 1926 — e foi nesse momento que Dirac apareceu.

Em 1925, Dirac fez sua contribuição inicial para a Teoria Quântica quando viu um rascunho do primeiro trabalho de Heisenberg sobre a mecânica matricial. Dirac reconheceu no tratamento matemático alguma similaridade com uma formulação clássica obscura do século XIX e derivou uma fórmula equivalente; ao escrever para Heisenberg, causou grande excitação em Göttingen. Quando, alguns meses mais tarde, as equações propostas por Schrödinger mostraram que os elétrons podiam também ser grupos de ondas em volta do núcleo atômico, Dirac pôde da mesma forma estabelecer a ligação com formulações clássicas antigas. Dirac conseguiu demonstrar que a mecânica clássica poderia ser considerada como um caso especial da mecânica quântica.

O trabalho de Dirac sobre a mecânica matricial de Heisenberg tornou-se uma tese que lhe rendeu o doutorado em física pelo St. John's College em Cambridge, em 1926. Na primavera daquele mesmo ano, deixou a Inglaterra para se encontrar e colaborar com Heisenberg na Alemanha, bem como com Niels Bohr em Copenhague. No outono, já havia produzido a "Teoria da Transformação", unificando a mecânica matricial de Heisenberg à mecânica das ondas de Schrödinger, numa única equação abstrata. Em 1927, sua teoria foi apresentada na V Conferência da Solvay, em Bruxelas, sendo muito discutida. De modo geral, os físicos acharam atraente o que Dirac apresentava — mas difícil de ser entendido.

---

Erwin Schrödinger foi um dos que reclamaram a Bohr sobre Dirac “não fazer idéia da *dificuldade* que uma pessoa normal tinha para poder entender seus trabalhos”.

Uma das limitações da nova Teoria Quântica era que, apesar de descrever muito bem os elétrons quando se moviam vagarosamente, falhava quando estes se moviam próximo ou à velocidade da luz, como freqüentemente acontece. E, embora as mecânicas matricial e da onda pudessem dar resultados precisos para os átomos nos estados simples, o que acontecia com a luz, por exemplo, quando refletida de uma parede? Para descrever tais acontecimentos, deveria ser empregada a Teoria da Relatividade de Einstein; assim, no final do ano de 1926, Dirac começou a trabalhar numa equação que descreveria tudo isso. O resultado foi uma “teoria de campo” e o famoso artigo *A Teoria Quântica da Emissão e da Absorção da Radiação*.

A importância de ter uma mecânica quântica que obedecesse aos princípios da relatividade ficou então muito clara e Dirac continuou a trabalhar a maneira de explicar adequadamente o comportamento dos elétrons. Alguns anos antes, sugeria-se que os elétrons “giram” sobre si mesmos enquanto se movem, um conceito que resolvia certos problemas do estudo dos vários espectros de raios X dos elementos. Dirac incorporou então essa idéia numa única equação que descrevia o movimento dos elétrons e, com maior alcance ainda, resolvia o problema de seu comportamento com maior eficiência e profundidade do que até então se fizera.

A Equação de Dirac, como veio a ser chamada, não indicava um ponto no espaço como posição do elétron, mas, consoante com a Teoria Quântica, indicava uma *gama* de localizações possíveis, governadas pela probabilidade. A teoria predizia um campo magnético em volta do elétron e sugeria que, por exemplo, os quatro “números quânticos” necessários para calcular seu movimento refletam as quatro dimensões do espaço-tempo. A equação é, como explicou Dirac mais tarde, “uma teoria autoconsistente que se ajusta aos fatos experimentais até o ponto em que são conhecidos”.

Porém, o aspecto mais extraordinário da equação foi o de concretizar um ponto de vista, somente suspeitado, de que o átomo está flutuando num mar de partículas sem massa ou “virtuais”.

---



“Dirac”, escrevem Robert P. Crease e Charles C. Mann, “havia estabelecido o início da teoria moderna do eletromagnetismo — a primeira peça sólida do modelo padrão —, mas havia também, sem intencionalidade, liberado um número de demônios conceituais que mudariam nossos pontos de vista sobre o espaço e a matéria.” “A teoria de Dirac”, adicionam, “expôs o tenebroso caos na ordem mais baixa da matéria. Os espaços em volta e dentro dos átomos, que antes se supunham vazios, estavam agora sendo imaginados como cheios de uma sopa fervente de partículas fantasmagóricas.”

Na verdade, Dirac previu em 1930 a existência de uma partícula elementar que era efetivamente a contrapartida do elétron, com carga positiva. Para alguns, naquela época, parecia algo fora de questão, mas os físicos experimentais haviam recentemente descoberto os “raios cósmicos”, que bombardeavam a atmosfera da Terra, provenientes do espaço exterior.<sup>18</sup> No California Institute of Technology, uma poderosa câmara de nuvem, construída para estudar tais radiações, detectou as trilhas de certas partículas que tinham, na verdade, o *mesmo peso* dos elétrons, mas com uma carga *positiva*. Estes eram os pósitrons, encontrados em 1932 — a primeira forma de “antimatéria”. Em 1933, Paul Dirac ganhou o Prêmio Nobel de Física.

Eleito membro do St. John’s College em 1927, Dirac lá permaneceu como professor e em 1932 tornou-se Professor Lucasiano de Física em Cambridge. Manteve essa posição até 1969, apesar de, com frequência, promover cursos e fazer conferências no exterior. No final da década de 1960, mudou-se para a Flórida, e de 1972 a 1984 foi professor de física na Florida State University. A mulher de Dirac, Margit Wigner, com quem ele teve duas filhas, era irmã do grande físico húngaro Eugene Wigner.

Dirac, apesar de excêntrico, tornou-se um personagem famoso na física, e as pessoas gostavam dele, sendo largamente admirado e até descrito por um jornal como um “tímido tal qual uma gazela e modesto tanto quanto uma donzela vitoriana”. Parecia sempre recorrer ao que os psicólogos chamam de pensamento concreto, o

---

<sup>18</sup> Os raios cósmicos consistem de núcleos de elementos comuns, bem como de elétrons, pósitrons e outras partículas elementares. Foram detectados já em 1911 e batizados em 1925, mas sua origem efetiva não é sabida.

que era divertido para seus colegas. Uma vez, “Está ventando muito hoje”, como início de conversa, fez com que Dirac deixasse a mesa de jantar, abrisse a porta da frente, voltasse para a mesa e dissesse: “Sim.” Quando Wolfgang Pauli quis perder peso, perguntou a Dirac quantos cubos de açúcar deveria usar em seu café. Dirac respondeu: “Acho que um é o suficiente para você.” Um momento depois, generalizou com a especificação: “Acho que os cubos são feitos de forma tal que um é suficiente para qualquer pessoa.”

Dirac colocava-se um pouco à esquerda na política, e seus contatos com os cientistas soviéticos levaram à negação de visto de entrada nos Estados Unidos durante a Guerra Fria. Sua total falta de interesse em arte ou em literatura, tendo em vista seu passado, lembra o de RICHARD FEYNMAN [52], que desenvolveu um pouco mais a eletrodinâmica quântica. No final de sua carreira, Dirac enfatizou um conceito idiossincrático de “beleza matemática”, e sua biógrafa, Helge S. Kragh, acredita ser essa uma das razões pelas quais “os meados da década de 1930 marcaram uma linha divisória principal: todas suas grandes descobertas foram feitas antes daquele período e, depois de 1935, nada mais conseguiu produzir, na física, de valor permanente”. Porém, isso não diminui o fato de ter sido Dirac quem concluiu a “forma definitiva da teoria do quântico”, escreve John C. Taylor, “criando uma doutrina tão atrativa quanto a mecânica de Newton o havia sido”.

Paul Dirac morreu em 20 de outubro de 1984.

---



## Andreas Vesalius & a Nova Anatomia

(1514 – 1564)

A grande autoridade em medicina, no final da Idade Média, era Galeno, o médico grego do segundo século d.C. Médico brilhante e escritor prolífico, Galeno foi considerado pela Igreja como o árbitro mais importante da medicina, especialmente quanto à anatomia, semelhante a como os sábios adotaram Aristóteles na física. Durante muito tempo, isso não apresentou muitos problemas, principalmente porque a mentalidade espiritual da Idade Média quanto ao corpo humano não era favorável a seu entendimento sistemático. Mas com o desenvolvimento de uma nova apreciação secular — vivamente expressa, por exemplo, nas pinturas e desenhos

---

de Leonardo da Vinci — esse conceito medieval começou a hesitar. Para Andreas Vesalius ficou então a tarefa de apresentar o trabalho inicial da moderna anatomia. “Eu não poderia ter feito nada mais importante”, ele disse de si próprio, “do que dar uma nova descrição de todo o corpo humano, do qual ninguém entendia a anatomia.”

Andreas Vesalius nasceu numa família de médicos famosos, em 31 de dezembro de 1514, em Bruxelas, então parte do Império Habsburgo. Seu pai, Andreas, era o boticário do imperador Carlos V; sua mãe era Isabel Crabbe. A localização da propriedade da família possuía vista para as forcas da cidade, onde eram executados os criminosos, cujos corpos eram deixados por vários dias para serem comidos por aves de rapina. Ainda criança, Vesalius começou a dissecar pequenos animais, incluindo alguns infelizes gatos e cachorros sem dono.

Depois de freqüentar a Universidade de Louvain, Vesalius estudou medicina, de 1533 até 1536, na Universidade de Paris, de muito prestígio e, naquela época, uma fortaleza do pensamento conservador. Lá, Vesalius não aprendeu nada de muita importância, como contou mais tarde. Depois de ajudar seu professor, Guinter de Andernach, a publicar um livro sobre anatomia, comentou ser ele um ignorante com relação à estrutura do corpo humano. Enquanto estava em Paris, Vesalius caçava ossos no Cemitério dos Inocentes e examinava os corpos dos criminosos após serem enforcados em Montfaucon, onde ele, uma vez, como escreveu depois, “ficou em perigo por causa dos muitos cães selvagens”.

A guerra entre a França e o Sacro Império Romano forçou Vesalius a deixar Paris em 1536 e voltar para a Universidade de Louvain, onde recebeu o diploma de bacharel em medicina. Continuou na Universidade de Pádua, em Florença, recebendo seu grau de doutor *magna cum laude* em 1537. Essa universidade, em que havia estudado NICOLAU COPÉRNICO [10] e na qual GALILEO GALILEI [7] iria mais tarde ensinar, também se tornou o palco das maiores realizações de Vesalius. Logo depois de receber seu título, foi nomeado professor de cirurgia e de anatomia.

A dissecação de corpos não fora proibida nas escolas de medicina; na realidade, tornou-se comum desde o século XIV. Mas era feita de maneira escolástica: os estudantes observavam de uma

---

galeria, enquanto um barbeiro abria o corpo e um professor lia os textos de Galeno. Vesalius mais tarde escreveu: "Tudo é ensinado errado, os dias são desperdiçados em assuntos absurdos e, na confusão, menos é oferecido ao observador do que um açougueiro, em sua loja, poderia ensinar a um médico."

Vesalius, portanto, começou a dissecar cadáveres, ele próprio, na frente dos estudantes e, em pouco tempo, adquiriu grande fama. Em 1538, publicou *Tabulae Anatomicae Sex* (Seis Tabelas Anatômicas) que, apesar de se situarem dentro do sistema de Galeno, indicavam a direção de seu trabalho. As figuras haviam sido lindamente executadas pelo artista flamengo Jan Stephen van Calcar, um estudante de Ticiano. Dois anos mais tarde, quando Vesalius foi solicitado a fazer uma conferência e uma demonstração em Bolonha, na Igreja de São Francisco, apontou uma série de erros e deixou sem jeito e irritado o professor galenista Matteo Corti.

*De Humani Corporis Fabrica* (Sobre a Estrutura do Corpo Humano) apareceu em 1543, livro-texto de anatomia de tal ordem, que nada parecido havia sido visto, e passou a ser uma das pedras fundamentais da medicina. Deve ser dito que Vesalius não atacou diretamente a Galeno, a quem admirava, mas corrigiu vários erros — mostrando, por exemplo, que o osso da bacia do ser humano não era curvo como o de um cão e que homens e mulheres tinham o mesmo número de costelas. Muito do trabalho de Galeno era baseado na observação de animais, e assim Vesalius também derrubou as estruturas do tipo fígado de cinco lóbulos e o útero em forma de chifre.

O *De fabrica* foi projetado para ser estudado, consultado e utilizado como um manual de como fazer, pelos estudantes, claramente encorajando a descobrir, por si mesmos, o interior do corpo humano. "Quando os órgãos restantes do tórax tiverem sido jogados no recipiente", escreveu Vesalius, "vire o cadáver para a posição de decúbito frontal e, tanto quanto possível, limpe os músculos do pescoço, costas e de todo o tórax, mas tomando cuidado para não quebrar as costelas, que são frágeis, nem estragar nenhum dos processos, dissecando muito perto. Deve-se ter ainda mais cuidado ao prosseguir e limpar individualmente as costelas da vértebra torácica." Vesalius estava ciente das diferenças existentes entre os

---